

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 1 月 27 日 (27.01.2005)

PCT

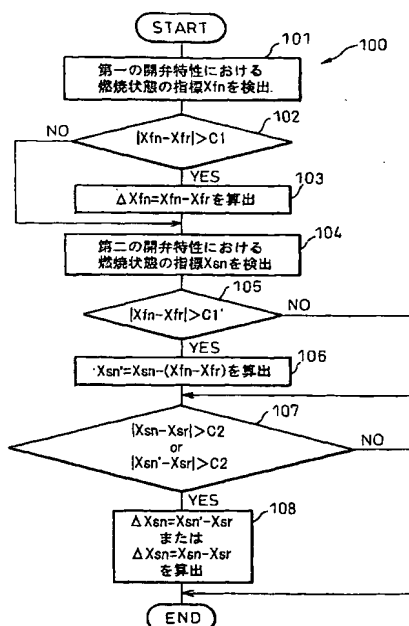
(10) 国際公開番号  
WO 2005/008052 A1

- (51) 国際特許分類: F02D 45/00 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008825 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大塚 都 (OHT-SUKA, Kaoru) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 角岡 卓 (TSUNOOKA, Takashi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 平工 恵三 (HIRAKU, Keizo) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).  
(22) 国際出願日: 2004 年 6 月 17 日 (17.06.2004)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願2003-199819 2003 年 7 月 22 日 (22.07.2003) JP (74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目 5 番 1 号 虎ノ門 3 7 ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP). (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

[続葉有]

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING VARIATION BETWEEN CYLINDERS OF AND DEVICE FOR DETECTING VARIATION BETWEEN BANKS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の気筒間バラツキ検出装置およびバンク間バラツキ検出装置



101...DETECT INDEX XFN OF COMBUSTING CONDITION AT FIRST VALVE OPENING CHARACTERISTIC  
102...DECIDE IF  $|Xfn - Xfr| > C1$   
103...CALCULATE  $\Delta Xfn = Xfn - Xfr$   
104...DETECT INDEX XSN OF COMBUSTING CONDITION AT SECOND VALVE OPENING CHARACTERISTIC  
105...DECIDE IF  $|Xfn - Xfr| > C1'$   
106...CALCULATE  $Xsn' = Xsn - (Xfn - Xfr)$   
107...DECIDE IF  $|Xsn - Xsr| > C2$  OR  $|Xsn' - Xsr| > C2$   
108...CALCULATE  $\Delta Xsn = Xsn' - Xsr$  OR  $\Delta Xsn = Xsn - Xsr$

(57) Abstract: A device for detecting variation between banks of an internal combustion engine has valve opening characteristic-setting means (57) for varying valve opening characteristics of air intake valves (9) with respect to each cylinder (#1-#4) or each bank (BL, BR), index-detecting means for detecting an index of a combusting condition, with respect to each bank, at a first valve opening characteristic set by the valve opening characteristic-setting means and at a second valve opening characteristic that is smaller than the first characteristic, fuel injection amount variation-detecting means (27) for detecting fuel injection amount variation with respect to each bank by using an index (Xfn) detected by the index-detecting means at the first valve opening characteristic, and valve opening characteristic variation-detecting means (27) for detecting valve opening characteristic variation with respect to each bank by using an index (Xsn) detected by the index-detecting means at the second valve opening characteristic and using the fuel injection amount variation detected by the fuel injection amount variation-detecting means. It can also be arranged such that, in order to eliminate valve opening characteristic variation with respect to each cylinder or each bank, a valve opening characteristic of the air intake valve is changed by the valve opening characteristic-setting means.

(57) 要約: 各気筒 (#1~#4) または各バンク (BL、BR) 毎に吸気弁 (9) の開弁特性を変化させる開弁特性設定手段 (57) と、開弁特性設定手段により設定される第一の開弁特性時および第一の開弁特性よりも小さい第二の開弁特性時における各バンク毎の燃焼状態の指標を検出する指標検出手段と、第一の開弁特性時において指標検出手段により検出された指標 (Xfn) を用いて各バンク毎の燃料噴射量バラツキを検出する燃料噴射量バラツキ検出手段 (27) と、第二の開弁特性時において指標検出手段により検出された指標 (Xsn) と燃料噴射量バラツキ検出手段により検出された燃料噴射量バラツキとを用いて各バンク毎の開弁特性バラツキを検出する開弁特性バラツキ検出手段 (27) とを具備する内燃機関

のバンク間バラツキ検出装置が提供される。各気筒または各バンク毎の開弁特性バラツキが排除されるように、開弁特性設定手段によって吸気弁の開弁特性を変更するようにしてもよい。



DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 内燃機関の気筒間バラツキ検出装置およびバンク間バラツキ検出装置

## 技術分野

本発明は、内燃機関、特に気筒に流入する空気量を変更するための開弁特性設定手段を備えた内燃機関の気筒間における開弁特性、例えば作用角および／またはリフト量のバラツキと燃料噴射量のバラツキとを検出する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置およびバンク間バラツキ検出装置に関する。

## 背景技術

近年では、複数の気筒に設けられた吸気弁の作用角および／またはリフト量を含む開弁特性を可変とすることにより内燃機関の吸気量を制御する開弁特性制御装置の開発が進められている。例えば特開2002-155779号公報に開示されるような内燃機関においては、作用角および／またはリフト量を比較的小さく設定することによって従来の内燃機関よりもポンプ損失を低減すると共に燃費の向上を図ることができる。

ところで、前述した開弁特性を変更する開弁特性制御装置を備えた内燃機関においても従来技術の内燃機関においても、気筒間における作用角および／またはリフト量が調整不良によってズレる場合、または気筒毎に異なる量のデポジットが各気筒の弁などに付着する場合が生じうる。ここで、前述した開弁特性制御装置を備えた内燃機関において開弁特性制御装置によって作用角および／またはリフト量を比較的小さく設定した場合には、調整不良などに基づく吸

入空気量への変化量が気筒間において無視できない程度まで大きくなり、結果的にドラビリおよびエミッションにまで悪影響を及ぼす場合がある。従って、作用角および／またはリフト量をも含めた開弁特性のバラツキを気筒間において正確に検出する必要がある。

一方、気筒間における燃焼状態の指標の偏差は燃料噴射量のバラツキも含んでいる。このため、燃料噴射量の気筒間バラツキを考慮しないと、作用角および／またはリフト量を含む開弁特性のバラツキを正確に検出することはできない。従って、気筒間における燃料噴射量のバラツキが生じた場合には、これを正確に検出した上で開弁特性のバラツキを検出する必要がある。

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、気筒間における開弁特性のバラツキと燃料噴射量のバラツキとの発生を検出することのできる内燃機関の気筒間バラツキ検出装置およびバンク間検出装置を提供することを目的とする。

## 発明の開示

前述した目的を達成するために1番目の発明によれば、吸気弁の作用角またはリフト量を変化させる開弁特性設定手段を具備し、該開弁特性設定手段は第一の開弁特性と該第一の開弁特性時よりも作用角またはリフト量が小さい第二の開弁特性とを設定できるようになっており、さらに、前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時と第二の開弁特性時とにおいて各気筒内の燃焼状態の指標を検出すると共にこれらの指標と基準値との偏差を気筒別に算出する算出手段と、前記算出手段により算出された第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差と第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差とを用いて気筒間のバラツキを検出する検出手段とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置が提供される。

すなわち 1 番目の発明によって、開弁特性バラツキを検出する際には、第二の開弁特性時において基準値に対する偏差を算出するだけでなく、第一の開弁特性時において基準値に対する偏差をも算出している。このように、異なる二つの開弁特性における燃焼状態の指標から各気筒の偏差を算出し、これら偏差を用いて補正することにより、気筒間のバラツキを正確に検出することが可能となる。

2 番目の発明によれば、吸気弁の作用角またはリフト量を変化させる開弁特性設定手段を具備し、該開弁特性設定手段は第一の開弁特性と該第一の開弁特性時よりも作用角またはリフト量が小さい第二の開弁特性とを設定できるようになっており、さらに、前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時と第二の開弁特性時とにおいて各気筒内の燃焼状態の指標を検出すると共にこれら指標と燃焼状態の指標の平均値との偏差を気筒別に算出する算出手段と、前記算出手段により算出された第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差と第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差とを用いて気筒間のバラツキを検出する検出手段とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置が提供される。

すなわち 2 番目の発明によって、開弁特性バラツキを検出する際には、第二の開弁特性時において気筒間の平均値に対する偏差を算出するだけでなく、第一の開弁特性時において気筒間の平均値に対する偏差をも算出している。このように、異なる二つの開弁特性における燃焼状態の指標から各気筒の偏差を算出し、これら偏差を用いて補正することにより、気筒間のバラツキを正確に検出することが可能となる。

3 番目の発明によれば、1 番目または 2 番目の発明において、前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて燃料噴射量のバラツキを検出し、前記第二の開

弁特性時における各気筒毎の偏差にて開弁特性のバラツキを検出する。

すなわち 3 番目の発明によって、開弁特性のバラツキだけでなく噴射量のバラツキの発生の有無をも検出することができる。

4 番目の発明によれば、3 番目の発明において、前記開弁特性設定手段によって設定される第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて開弁特性のバラツキを検出する際に、第一の開弁特性時に検出された各気筒毎の燃料噴射量のバラツキ量を補正する。

すなわち 4 番目の発明によって、燃料噴射量のバラツキを除いて開弁特性のバラツキを正確に検出することが可能となる。

5 番目の発明によれば、1 番目から 4 番目のいずれかの発明において、前記検出装置にて気筒間のバラツキを検出する場合には、前記開弁特性設定手段によって設定される第一および第二の開弁特性時の運転条件が同じになるように制御される。

すなわち 5 番目の発明においては、燃焼状態の指標をほぼ同じにすることによりより正確にバラツキを補正・検出することができるために運転条件を同じにするようにしており、これにより、1 番目から 5 番目の発明とほぼ同様の作用および効果を得ることができる。

6 番目の発明によれば、5 番目の発明において、前記運転条件は回転数およびトルクである。

すなわち 6 番目の発明によって、1 番目から 5 番目の発明とほぼ同様の作用および効果を得ることができる。

7 番目の発明によれば、5 番目または 6 番目の発明において、前記検出装置にて気筒間のバラツキを検出する場合は内燃機関のアイドル状態にて実施する。

すなわち 7 番目の発明によって、検出の頻度および検出性の良さ

(回転変動が大きく出る)のためにアイドル状態にて検出することがより望ましく、これにより、1番目から6番目の発明とほぼ同様の作用および効果を得ることができる。

8番目の発明によれば、1番目または2番目の発明において、前記燃焼状態の指標は、内燃機関の空燃比、回転変動および燃焼圧のうちの少なくとも一つを含む。

すなわち8番目の発明によって、比較的簡単な構成によって開弁特性のバラツキおよび燃料噴射量のバラツキの有無を正確に検出することができる。

9番目の発明によれば、1番目または2番目の発明において、前記検出手段により検出された気筒間のバラツキが排除されるように、前記吸気弁の開弁特性を変更するようにした。

すなわち9番目の発明によって、燃料噴射量バラツキを含まないように検出された気筒間の開弁特性バラツキの分だけ開弁特性を変更しているので、より精密な制御が可能となり、それにより、ドラビリおよびエミッションへの悪影響を回避することが可能となる。

10番目の発明によれば、吸気弁の開弁特性を変化させる開弁特性設定手段と、該開弁特性設定手段により設定される第一の開弁特性時および該第一の開弁特性よりも小さい第二の開弁特性時における前記各気筒毎の燃焼状態の指標を検出する指標検出手段と、前記第一の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標を用いて前記各気筒毎の燃料噴射量バラツキを検出する燃料噴射量バラツキ検出手段と、前記第二の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標と前記燃料噴射量バラツキ検出手段により検出された燃料噴射量バラツキとを用いて前記各気筒毎の開弁特性バラツキを検出する開弁特性バラツキ検出手段とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置が提

供される。

すなわち 10 番目の発明によって、第一開弁特性時における燃焼状態の指標から気筒毎の燃料噴射量バラツキを検出し、第二開弁特性時における燃焼状態の指標から燃料噴射量バラツキを含まないようにしているので気筒毎の開弁特性バラツキを正確に検出することが可能となる。

11 番目の発明によれば、10 番目の発明において、前記開弁特性設定手段は各気筒毎に吸気弁の開弁特性を変化させられ、前記開弁特性バラツキ検出手段により検出された前記各気筒毎の開弁特性バラツキが排除されるように、前記開弁特性設定手段によって前記各気筒毎の前記吸気弁の開弁特性を変更するようにした。

すなわち 11 番目の発明によって、燃料噴射量バラツキを含まないように検出された気筒間の開弁特性バラツキの分だけ開弁特性を変更しているので、より精密な制御が可能となり、それにより、ドラビリおよびエミッションへの悪影響を回避することが可能となる。

12 番目の発明によれば、10 番目または 11 番目の発明において、前記燃焼状態の指標は、内燃機関の空燃比、回転変動および燃焼圧のうちの少なくとも一つを含む。

すなわち 12 番目の発明によって、比較的簡単な構成によって開弁特性のバラツキおよび燃料噴射量のバラツキの有無を正確に検出することができる。

13 番目の発明によれば、各バンク毎に吸気弁の開弁特性を変化させる開弁特性設定手段と、該開弁特性設定手段により設定される第一の開弁特性時および該第一の開弁特性よりも小さい第二の開弁特性時における前記各気筒毎の燃焼状態の指標を検出する指標検出手段と、前記第一の開弁特性時において前記指標検出手段により検



出された前記燃焼状態の指標を用いて前記各気筒毎の燃料噴射量バラツキを検出する燃料噴射量バラツキ検出手段と、前記第二の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標と前記燃料噴射量バラツキ検出手段により検出された燃料噴射量バラツキとを用いて前記各気筒毎の開弁特性バラツキを検出し、これら気筒毎の開弁特性バラツキをバンク毎に平均化処理することによりバンク毎の開弁特性バラツキを検出する開弁特性バラツキ検出手段とを具備する内燃機関のバンク間バラツキ検出装置が提供される。

すなわち13番目の発明によって、第一開弁特性時における燃焼状態の指標から気筒毎の燃料噴射量バラツキを検出し、第二開弁特性時における燃焼状態の指標から燃料噴射量バラツキを含まないようにして気筒毎の開弁特性バラツキを検出しているので、これら気筒毎の開弁特性バラツキをバンク毎に平均化処理することにより、バンク間の開弁特性バラツキを正確に検出することが可能となる。

14番目の発明によれば、各バンク毎に吸気弁の開弁特性を変化させる開弁特性設定手段と、該開弁特性設定手段により設定される第一の開弁特性時および該第一の開弁特性よりも小さい第二の開弁特性時における前記各バンク毎の燃焼状態の指標を検出する指標検出手段と、前記第一の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標を用いて前記各バンク毎の燃料噴射量バラツキを検出する燃料噴射量バラツキ検出手段と、前記第二の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標と前記燃料噴射量バラツキ検出手段により検出された燃料噴射量バラツキとを用いて前記各バンク毎の開弁特性バラツキを検出する開弁特性バラツキ検出手段とを具備する内燃機関のバンク間バラツキ検出装置が提供される。

すなわち 14 番目の発明によって、第一開弁特性時における燃焼状態の指標からバンク毎の燃料噴射量バラツキを検出し、第二開弁特性時における燃焼状態の指標から燃料噴射量バラツキを含まないようにしているので、バンク毎の開弁特性バラツキを正確に検出することが可能となる。

15 番目の発明によれば、13 番目または 14 番目の発明において、前記開弁特性バラツキ検出手段により検出された前記各バンク毎の開弁特性バラツキが排除されるように、前記開弁特性設定手段によって前記各バンク毎の前記吸気弁の開弁特性を変更するようにした。

すなわち 15 番目の発明によって、燃料噴射量バラツキを含まないように検出されたバンク間の開弁特性バラツキの分だけ開弁特性を変更しているので、より精密な制御が可能となり、それにより、ドラビリおよびエミッションへの悪影響を回避することが可能となる。

16 番目の発明によれば、13 番目または 14 番目の発明において、前記燃焼状態の指標は、内燃機関の空燃比、回転変動および燃焼圧のうちの少なくとも一つを含む。

すなわち 16 番目の発明によって、比較的簡単な構成によって開弁特性のバラツキおよび燃料噴射量のバラツキの有無を正確に検出することができる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の開弁特性制御装置が搭載された火花点火式内燃機関の断面図である。

図 2 は、図 1 に示した内燃機関の吸気系等を含めた概略構成図である。

図 3 は、仲介駆動機構の斜視図である。

図 4 は、開弁特性制御装置の概略構成を示す説明図である。

図 5 は、本発明における内燃機関の気筒間バラツキ検出装置の動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。

図 6 a は、本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、クランク角速度が示されている。

図 6 b は、本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、クランク角が  $90^\circ$  回転するのに要する時間が示されている。

図 7 a は、本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、排気空燃比が示されている。

図 7 b は、本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、筒内圧力が示されている。

図 8 a は、所定の値 C 1 のマップを示す図である。

図 8 b は、所定の値 C 2 のマップを示す図である。

図 9 a は、第一の開弁特性時における指標 X f n を示す図である。

。

図 9 b は、第二の開弁特性時における指標 X s n を示す図である。

。

図 10 a は、他の場合の第一の開弁特性時における指標 X f n を示す図である。

図 10 b は、他の場合の第二の開弁特性時における指標 X s n を示す図である。

図 11 は、図 5 のステップ 102 において Y E S 判定された際のさらに三つのパターンを説明するためのフローチャートである。

図 12 a は、図 11 のステップ 203 に進む場合の指標 X f n を示す図である。

図 1 2 b は、図 1 1 のステップ 2 0 3 に進む場合の指標  $X_{sn}$  を示す図である。

図 1 2 c は、図 1 1 のステップ 2 0 3 に進む場合の新たな指標  $X_{sn'}$  を示す図である。

図 1 3 a は、図 1 1 のステップ 2 0 4 に進む場合の指標  $X_{fn}$  を示す図である。

図 1 3 b は、図 1 1 のステップ 2 0 4 に進む場合の指標  $X_{sn}$  を示す図である。

図 1 3 c は、図 1 1 のステップ 2 0 4 に進む場合の新たな指標  $X_{sn'}$  を示す図である。

図 1 4 a は、図 1 1 のステップ 2 0 5 に進みうる一つの或る場合の指標  $X_{fn}$  を示す図である。

図 1 4 b は、図 1 1 のステップ 2 0 5 に進みうる一つの或る場合の指標  $X_{sn}$  を示す図である。

図 1 4 c は、図 1 1 のステップ 2 0 5 に進みうる一つの或る場合の新たな指標  $X_{sn'}$  を示す図である。

図 1 5 は、本発明の開弁特性制御装置が搭載された他の火花点火式内燃機関の横断面図である。

図 1 6 は、図 1 5 に示される内燃機関の正面からみた縦断面図である。

図 1 7 は、図 1 5 および図 1 6 に示される内燃機関のバンク間のバラツキ検出装置の動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。

図 1 8 a は、偏差  $\Delta X_{sL}$  および偏差  $\Delta X_{sR}$  を求める様子を説明する図である。

図 1 8 b は、偏差  $\Delta X_{sL}$  および偏差  $\Delta X_{sR}$  を求める様子を説明する他の図である。

図 1 9 は、図 1 5 および図 1 6 に示される内燃機関のバンク間のバラツキ検出装置の動作のためのプログラムの他のフローチャートを示す図である。

図 2 0 は、図 1 5 および図 1 6 に示される内燃機関のバンク間のバラツキ検出装置の動作のためのプログラムの他のフローチャートを示す図である。

図 2 1 は、図 1 5 および図 1 6 に示される内燃機関の場合におけるバンク間のバラツキを排除するために行われる動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。

図 2 2 は、四気筒内燃機関であって各気筒について開弁特性制御装置が備えられている場合における気筒間バラツキを排除するために行われる動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下の図面において同一の部材には同一の参照符号が付けられている。理解を容易にするために、これら図面は縮尺を適宜変更している。

図 1 は本発明の気筒間バラツキ検出装置が搭載された火花点火式内燃機関の断面図であり、図 2 は図 1 に示した内燃機関の吸気系等を含めた概略構成図である。なお、本発明の気筒間バラツキ検出装置は筒内噴射型の火花点火式内燃機関や圧縮自着火式のディーゼル内燃機関にも搭載可能である。

図 1 及び図 2 を参照すると、機関本体 1 はシリンダブロック 2 と、このシリンダブロック 2 内で往復動するピストン 3 と、シリンダブロック 2 上に取付けられたシリンダヘッド 4 とを具備する。また、シリンダヘッド 4 には点火栓 5 が設けられている。シリンダブ

ロック 2 には後述するように四つの気筒 5 が形成され、各気筒 5 内にはシリンダブロック 2、ピストン 3、シリンダヘッド 4 によって画成される燃焼室 6 が形成される。

各燃焼室 6 はシリンダヘッド 4 内に形成された吸気ポート 7 および排気ポート 8 に通じている。燃焼室 6 と吸気ポート 7 との間には吸気弁 9 が配置され、吸気弁 9 は燃焼室 6 と吸気ポート 7 との間の流路を開閉している。一方、燃焼室 6 と排気ポート 8 との間に排気弁 10 が配置され、排気弁 10 は燃焼室 6 と排気ポート 8 との間の流路を開閉している。吸気弁 9 は、後述する仲介駆動機構 11 とロッカーアーム 12 とを介して吸気カム 13 によってリフトされ、排気弁 10 はロッカーアーム 14 を介して排気カム 15 によってリフトされる。吸気カム 13 は吸気カムシャフト 16 に取付けられ、一方、排気カム 15 は排気カムシャフト 17 に取付けられる。

電子制御ユニット (ECU) 27 は、リードオンリメモリ (ROM)、ランダムアクセスメモリ (RAM)、マイクロプロセッサ (CPU)、入力ポート、出力ポートを相互に双方向性バスで接続した公知の構成のマイクロコンピュータから構成される。ECU 27 にはエアフローメータ 19 の他、アクセルペダルの踏み込み量 (以下、「アクセル踏み込み量」と言う) に比例した出力電圧を発生する負荷センサ 29 やクランクシャフトが例えば 30° 回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ 30 等の各種センサが接続される。また、点火栓 55 や燃料噴射弁 (不図示)、スロットル弁 56 等も接続されその作動が制御される。本実施形態において、スロットル弁 56 の開度はアクセル踏み込み量とは無関係に変更することができ、スロットル弁開度を調整することで吸気圧が制御される。更に ECU 27 は、後述するように仲介駆動機構 11 を含んで構成される開弁特性制御装置 57 とともに信号をやり取りして開弁特性制御装

置 5 7 の制御を行い、吸気弁 9 の開弁特性である作用角及びリフト量の制御も行う。なお、図 2 において、5 2 は吸気管、5 3 はサージタンクを示している。

図 2 に示したように、本実施形態における内燃機関 1 は四気筒であり、その排気通路は、まず第一気筒（# 1）からの排気通路 4 1 と第四気筒（# 4）からの排気通路 4 4、並びに第二気筒（# 2）からの排気通路 4 2 と第三気筒（# 3）からの排気通路 4 3 が夫々合流して二つの排気通路 4 5、4 6 となり、その後これらが合流して一つの排気通路 4 7 となっている。そして、第一気筒からの排気通路 4 1 と第四気筒からの排気通路 4 4 とが合流した部分、すなわち二つになった排気通路 4 5、4 6 のうちの一方の排気通路 4 5 には第一空燃比センサ 5 8 a が設けられている。同様に、第二気筒からの排気通路 4 2 と第三気筒からの排気通路 4 3 とが合流した部分、すなわち二つになった排気通路 4 5、4 6 のうちの一方の排気通路 4 6 には第二空燃比センサ 5 8 b が設けられている。これらの空燃比センサ 5 8 a、5 8 b は ECU 2 7 に接続されており、検出した空燃比の情報が ECU 2 7 に供給されるようになっている。また、排気通路が一つとなった部分 4 7 には排気浄化装置 5 9 が設けられている。

次に、図 3 および図 4 を参照して、上記仲介駆動機構 1 1 及びそれを含んで構成される開弁特性制御装置 5 7 について説明する。図 3 は上記仲介駆動機構 1 1 の斜視図であり、図 4 は上記開弁特性制御装置 5 7 の概略構成を示す説明図である。ここで上記仲介駆動機構 1 1 は特開 2 0 0 1 - 2 6 3 0 1 5 号公報に記載された仲介駆動機構と同様な構成を有するものであり、いわゆる揺動カム機構として既に公知のものであるので、以下では簡単に説明する。図 3 に示した仲介駆動機構 1 1 は内燃機関の気筒毎に設けられる。したがっ

て、四気筒の内燃機関の場合である本実施形態では、四つの仲介駆動機構 1 1 を有することになる。

仲介駆動機構 1 1 は円筒形の入力部 2 1 と、この入力部 2 1 の軸線方向において入力部 2 1 の一方の側に配置される円筒形の第一揺動カム 2 2 と、入力部 2 1 の軸線方向において入力部 2 1 の上記一方の側とは反対側に配置される円筒形の第二揺動カム 2 3 とを具備する。これら入力部 2 1、揺動カム 2 2、2 3 はその軸線を中心として軸線方向に延びる円筒状の貫通孔を有し、この貫通孔を支持パイプ 2 4 が貫通する。入力部 2 1、揺動カム 2 2、2 3 はそれぞれ支持パイプ 2 4 によって支持され、且つそれぞれ支持パイプ 2 4 を中心に回動することができる。支持パイプ 2 4 はシリンダヘッド 4 に固定される。また、支持パイプ 2 4 はその軸線を中心として軸線方向に延びる円筒状の貫通孔を有し、この貫通孔を制御シャフト 2 5 が貫通する。制御シャフト 2 5 は支持パイプ 2 4 の貫通孔内で、支持パイプ 2 4 の軸線方向に摺動可能である。

入力部 2 1 の外周面からは入力部 2 1 の径方向に向かってアーム 2 1 a、2 1 b が延び、これらアーム 2 1 a、2 1 b の先端の間にローラ 2 1 c が配置される。ローラ 2 1 c は、図 1 に示したように吸気カム 1 3 のカム面 1 3 a に当接し、これにより入力部 2 1 はカム面 1 3 a の形状に応じて支持パイプ 2 4 周りで回動する。一方、揺動カム 2 2、2 3 の外周面からは揺動カム 2 2、2 3 の径方向に向かってノーズ 2 2 a、2 3 a が延び、これらノーズ 2 2 a、2 3 a はロッカーアーム 1 2 に当接可能である。

さらに、入力部 2 1 および揺動カム 2 2、2 3 と制御シャフト 2 5 との間は一定の制御機構（不図示）によって結合されている。この制御機構は、制御シャフト 2 5 を支持パイプ 2 4 に対して相対的に移動させると、入力部 2 1 と揺動カム 2 2、2 3 とを互いに反対



方向に回転させるように構成されている。特に、本実施形態では、制御シャフト 25 を支持パイプ 24 に対して方向  $D_1$  に移動させると、入力部 21 のローラ 21c と揺動カム 22、23 のノーズ 22a、23a との間の相対角度が大きくなるように入力部 21 と揺動カム 22、23 とが回転し、制御シャフト 25 を支持パイプ 24 に対して上記方向  $D_1$  とは反対向きの方向  $D_2$  に移動させると、入力部 21 のローラ 21c と揺動カム 22、23 のノーズ 22a、23a との間の相対角度が小さくなるように入力部 21 と揺動カム 22、23 とが回転する。ローラ 21c とノーズ 22a、23a との相対角度が大きくなると、ローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔が長くなり、逆にローラ 21c とノーズ 22a、23a との相対角度が小さくなるとローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔が短くなる。

一方、図 1 からわかるように、吸気弁 9 が吸気カム 13 によってリフトされる量はローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔によって変わる。すなわち、ローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔が長くなると、ローラ 21c が吸気カム 13 のカム山部 13b と当接するときに、ノーズ 22a、23a が吸気弁 9 をリフトする期間が長くなると共にリフトする量が多くなる。逆に、ローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔が短くなると、ローラ 21c が吸気カム 13 のカム山部 13b と当接するときに、ノーズ 22a、23a が吸気弁 9 をリフトする期間が短くなると共にリフトする量も少なくなる。すなわち、ローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔が長くなると、吸気弁 9 の作用角が大きくなると同時に吸気弁 9 のリフト量も大きくなり、一方、ローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔が短くなると、吸気弁 9 の作用角が小さくなると同時に吸気弁 9 のリフト量も小さくなる。

したがって、仲介駆動機構 11 では、制御シャフト 25 を第一方向  $D_1$  に移動させると、吸気弁 9 の作用角が大きくなると同時に吸気弁 9 のリフト量も大きくなり、制御シャフト 25 を第二方向  $D_2$  に移動させると吸気弁 9 の作用角が小さくなると同時に吸気弁 9 のリフト量も小さくなる。なお、本実施形態では、このように開弁特性である作用角とリフト量に一定の関係があるが、他の実施形態では開弁特性として作用角のみあるいはリフト量のみを変更するようにしても良い。

上述したように本実施形態は四気筒の内燃機関の場合であるので、上記仲介駆動機構 11 を四つ有している。四つの仲介駆動機構 11 は図 4 に示したように直列に並べて配置され、全ての仲介駆動機構 11 が一つの支持パイプ 24 と一つの制御シャフト 25 上に設けられる。したがって、開弁特性制御装置 57 が正常に作動している場合には、全気筒で同様な開弁特性を得ることができる。

図 4 に示したように、上記制御シャフト 25 の一方の端部には電動アクチュエータ 26 が連結され、これによって制御シャフト 25 の位置が制御できるようになっている。この電動アクチュエータ 26 は ECU 27 に接続されており、これによって制御される。つまり、本実施形態では ECU 27 により電動アクチュエータ 26 を制御して制御シャフト 25 の位置をその軸線方向に移動することができ、これによって、ローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔を変化させて吸気弁 9 の開弁特性である作用角とリフト量を連続的に制御することができる。

制御シャフト 25 の他方の端部近傍には、制御シャフト 25 の軸線方向の位置を検出するための位置センサ 28 が配置される。この位置センサ 28 により制御シャフト 25 の位置を検出することができる。この位置センサ 28 は ECU 27 に接続されており、位置セ

ンサ 28 により検出された制御シャフト 25 の位置の情報が ECU 27 に供給される。なお、上述したように本実施形態においては、制御シャフト 25 の位置を制御することでローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔を変化させ、それによって吸気弁 9 の開弁特性である作用角とリフト量を制御するので、上記位置センサ 28 は、上記開弁特性を検出する開弁特性センサであると言える。

本実施形態の内燃機関では、以上のような構成において、各種センサからの信号に基づいて ECU 27 によって燃料噴射量制御、点火時期制御、吸気量制御等の各種制御が実施される。特に吸気量制御については、より詳細には ECU 27 が上記開弁特性制御装置 57 と上記スロットル弁 56 の両方を制御することによって行われる。すなわち、本実施形態では上記開弁特性制御装置 57 により吸気弁 9 の開弁特性である作用角とリフト量を連続的に制御することができ、また、スロットル弁 56 により吸気圧を制御することができるので、通常は開弁特性（リフト量、作用角）と吸気圧とを協調制御することによって吸気量が制御される。

図 5 は本発明における内燃機関の気筒間バラツキ検出装置の動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。図 5 に示されるプログラム 100 は吸気量が一定となる通常運転の場合、例えば暖機後のアイドリング運転時に ECU 27 によって実施される。プログラム 100 のステップ 101 においては開弁特性を第一の開弁特性（以下、第一開弁特性と言う）とした時の燃焼状態の指標、すなわち燃焼状態に関連して変動する指標（以下、「燃焼状態の指標」または「指標」と称する） $Xf_n$  が気筒毎に検出される（以下、第一開弁特性における第一気筒の燃焼状態の指標を  $Xf_1$  と示し、第二、第三、第四気筒の上記指標をそれぞれ  $Xf_2$ 、 $Xf_3$ 、 $Xf_4$  と示す。また、これらをまとめて示す場合には  $Xf_n$  と示す）

。この第一開弁特性には作用角および／またはリフト量が比較的大きい場合であって、開弁特性のバラツキが無視できる程度に小さい場合が選択される。従って、第一開弁特性時には吸気量は比較的多くなる。なお、開弁特性制御装置によって作用角とリフト量の一方のみを制御する実施形態の場合には作用角またはリフト量が比較的大きい場合とされる。

ここで、燃焼状態の指標について説明する。図 6 a および図 6 b ならびに図 7 a および図 7 b はそれぞれ本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、これら図面内にはそれぞれ機関回転数変動、クランク角が  $90^\circ$  回転するのに要する時間（以下、「 $T90$ 」と称する）、排気空燃比（以下、適宜「 $A/F$ 」と称する）および筒内圧力が示されている。

はじめに図 6 a に示されるように機関回転数変動を燃焼状態の指標とした場合について説明する。機関回転数変動については、クランク角センサ 30 からの信号に基づき機関回転数の経時変化が求められるので、これをクランク角度との関係で解析することにより各気筒における爆発に対応する回転数の変動（例えば各気筒における点火直前の機関回転数と点火後のピーク回転数との差）を求めることができる。そしてこの値を各気筒に対応する機関回転数変動とすることができる。図 6 a においては縦軸はクランク角速度を示しており、横軸は上死点 T D C からのクランク角度を示している。図 6 a に示す実線 Y A 0 は正常運転の際のクランク角速度を示しており、二つの点線 Y A 1、Y A 2 は通常運転時からそれぞれ遅角側および進角側にずれた場合のクランク角速度を示している。図 6 a に示されるように、実線 Y A 0 および点線 Y A 1、Y A 2 における上死点 T D C から  $90^\circ$  までのクランク角速度の変位をそれぞれ機関回転数変動 X A 0、X A 1、X A 2 として示す。ここで、X A 0 は後

述する基準値  $X$  に相当する。さらに、通常運転時における機関回転数変動  $X A 0$  と遅角側にある際の機関回転数変動  $X A 1$  との差を  $\Delta X A 1$ 、通常運転時における機関回転数変動  $X A 0$  と進角側にある際の機関回転数変動  $X A 2$  との差を  $\Delta X A 2$  で示す。機関回転数変動を燃焼状態の指標として採用する際には、図 5 のステップ 101 における指標  $X f n$  は図 6 a における  $X A 1$ 、 $X A 2$  に相当する。また、後述するステップ 104 における開弁特性を変更した場合の指標  $X s n$  も図 6 a における  $X A 1$ 、 $X A 2$  に相当する。

同様に図 6 b に示されるようにクランク角が  $90^\circ$  回転するのに要する時間である  $T 90$  を燃焼状態の指標として採用する場合について説明する。これら  $T 90$  は図 2 に示されるクランク角センサ 30 により得られたクランク角より ECU 27 にて算出される。図 6 b においては縦軸はピストン 3 の位置を示しており、上死点  $T D C$  と下死点  $B D C$  とが一点鎖線により示されている。図 6 b の横軸は上死点  $T D C$  からの時間を示している。図 6 b に示す実線  $Y B 0$  は正常運転の際のピストン 3 の位置を示しており、二つの点線  $Y B 1$ 、 $Y B 2$  は通常運転時からそれぞれ時間遅れ側および時間進み側にずれた場合のピストン 3 の位置を示している。図 6 b において上死点  $T D C$  と下死点  $B D C$  との間の中心には上死点  $T D C$  からのクランク角度  $90^\circ$  におけるピストン 3 の位置が点線により示されている。図 6 b に示されるように、実線  $Y B 0$  および点線  $Y B 1$ 、 $Y B 2$  における上死点  $T D C$  から  $90^\circ$  までの変位である  $T 90$  をそれぞれ  $X B 0$ 、 $X B 1$ 、 $X B 2$  で示す。ここで、 $X B 0$  は後述する基準値  $X$  に相当する。さらに、通常運転時における変位  $X B 0$  と時間遅れ側にある際の  $T 90$  である  $X B 1$  との差を  $\Delta X B 1$ 、通常運転時における変位  $X B 0$  と時間進み側にある際の  $T 90$  である  $X B 2$  との差を  $\Delta X B 2$  で示す。図 6 b にはクランク角が  $90^\circ$  回転する

のに要する時間である  $T_{90}$  が示されているが、クランク角が例えば  $120^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $360^\circ$  回転するのに要する時間  $T_{120}$ 、 $T_{180}$ 、 $T_{360}$  等を採用する際も本発明の範囲に含まれるものとする。 $T_{90}$  を燃焼状態の指標として採用する際には、図 5 のステップ 101 における指標  $X_{fn}$  は図 6 b における  $X_{B1}$ 、 $X_{B2}$  に相当する。また、後述するステップ 104 における開弁特性を変更した場合の指標  $X_{sn}$  も図 6 b における  $X_{B1}$ 、 $X_{B2}$  に相当する。

次いで図 7 a を用いて空燃比  $A/F$  を燃焼状態の指標として採用する場合について説明する。空燃比については、本実施形態では上述したように排気系に二つの空燃比センサ 58 a、58 b が設けられているので、これらによって検出される空燃比の経時変化をクランク角度との関係で解析することにより各気筒における空燃比を求めることができる。なお、気筒毎の排気通路 41、42、43、44 にそれぞれ空燃比センサを設け、それによって気筒毎の空燃比を求めるようにしてもよい。図 7 a においては縦軸は空燃比  $A/F$  を示しており、横軸はクランク角度を示している。図 7 a に示す実線  $YC_0$  は正常運転の際の空燃比  $A/F$  を示しており、二つの点線  $YC_1$ 、 $YC_2$  は通常運転時からそれぞれリーン側およびリッチ側にずれた場合の空燃比  $A/F$  を示している。図 7 a に示されるように、実線  $YC_0$  および点線  $YC_1$ 、 $YC_2$  において或るクランク角度における空燃比  $A/F$  をそれぞれ  $XC_0$ 、 $XC_1$ 、 $XC_2$  で示す。ここで、 $XC_0$  は後述する基準値  $X$  に相当する。さらに、通常運転時における空燃比  $XC_0$  とリッチ側にある際の空燃比  $XC_1$  との差を  $\Delta XC_1$ 、通常運転時における空燃比  $XC_0$  とリーン側にある際の空燃比  $XC_2$  との差を  $\Delta XC_2$  で示す。空燃比を燃焼状態の指標として採用する際には、図 5 のステップ 101 における指標  $X_{fn}$

は図 7 a における  $X C 1$ 、 $X C 2$  に相当する。また、後述するステップ 104 における開弁特性を変更した場合の指標  $X s n$  も図 7 a における  $X C 1$ 、 $X C 2$  に相当する。

同様に図 7 b を用いて筒内圧力を燃焼状態の指標として採用する場合について説明する。図 7 b においては縦軸は筒内圧力を示しており、横軸はクランク角度を示している。図 7 b に示す実線  $Y D 0$  は正常運転の際の筒内圧力を示しており、二つの点線  $Y D 1$ 、 $Y D 2$  は通常運転時からそれぞれ高圧側および低圧側にずれた場合の筒内圧力を示している。図 7 b に示されるように、実線  $Y D 0$  および点線  $Y D 1$ 、 $Y D 2$  において気筒内最大圧力（燃焼圧）が得られるときの筒内圧力をそれぞれ  $X D 0$ 、 $X D 1$ 、 $X D 2$  で示す。ここで、 $X D 0$  は後述する基準値  $X$  に相当する。さらに、通常運転時における筒内圧力  $X D 0$  と高圧側にある際の筒内圧力  $X D 1$  との差を  $\Delta X D 1$ 、通常運転時における筒内圧力  $X D 0$  と低圧側にある際の筒内圧力  $X D 2$  との差を  $\Delta X D 2$  で示す。筒内圧力を燃焼状態の指標として採用する際には、図 5 のステップ 101 における指標  $X f n$  は図 7 b における  $X D 1$ 、 $X D 2$  に相当する。また、後述するステップ 104 における指標  $X s n$  も開弁特性を変更した場合に図 7 b における  $X D 1$ 、 $X D 2$  に相当する。

このように本発明においては燃焼状態の指標として、機関回転数変動、 $T 9 0$ 、空燃比、および筒内圧力（燃焼圧）を採用することができ、これにより、後述するように比較的簡単な構成によって開弁特性のバラツキの有無を正確に検出することができる。また、これらのうちの複数の指標を同時に検出して、それぞれを上記燃焼状態の指標として用いるようにしてもよい。

図 5 に示されるステップ 101 において気筒毎に第一開弁特性での上記のような燃焼状態の指標  $X f n$  が検出されると、ステップ 1

02に進む。ステップ102においては、ステップ101において得られた上記指標 $X_{fn}$ とその指標について予め定めた基準値 $X_{fr}$ との差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ）の絶対値が算出され、この差の絶対値が所定の値 $C1$ より大きいかなんかが判定される。この基準値 $X_{fr}$ は、その燃焼状態の指標に関して各運転状態における正常な値もしくは目標とする値であって、事前に実験等によって求めマップ化してECU27に記憶させておく。すなわち、例えば機関回転数、アクセル開度等からその時の燃焼状態の指標の基準値 $X_{fr}$ が得られるようにしておく。また、上記ステップ101における所定の値 $C1$ はゼロより大きい値である。図8aは所定の値 $C1$ のマップを示す図であり、図8aに示されるように、所定の値 $C1$ は負荷 $L$ および機関回転数 $N$ の関数としてマップの形でECU27内に記憶されている。後述する他の測定の数値も同様にマップ化されてECU27に記憶されているものとする。ECU27において、指標 $X_{fn}$ と基準値 $X_{fr}$ との差の絶対値（ $|X_{fn} - X_{fr}|$ ）が所定の値 $C1$ よりも大きいと判定された場合にはステップ103に進み、この差の絶対値（ $|X_{fn} - X_{fr}|$ ）が所定の値 $C1$ よりも小さいと判定された場合にはステップ104に進む。なお、所定の基準値 $X_{fr}$ が指標 $X_{f1}$ から $X_{f4}$ までの平均値 $X_{avg}$ （ $= \Sigma X_{fn} / n$ ）であってもよい。

ステップ103においてはステップ101において得られた上記指標 $X_{fn}$ とその指標について予め定めた基準値 $X_{fr}$ との差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ） $\Delta X_{fn}$ が気筒毎に算出される。この基準値 $X_{fr}$ は、その燃焼状態の指標に関して各運転状態における正常な値もしくは目標とする値であって、事前に実験等によって求めマップ化してECU27に記憶させておく。すなわち、例えば機関回転数、アクセル開度等からその時の燃焼状態



の指標の基準値  $X_{fr}$  が得られるようにしておく。ステップ 103 により、各気筒（第一から第四気筒）の燃焼状態の指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差（すなわち、気筒毎偏差） $\Delta X_{fn}$ （つまり、 $\Delta X_{f1} = X_{f1} - X_{fr}$ 、 $\Delta X_{f2} = X_{f2} - X_{fr}$ 、 $\Delta X_{f3} = X_{f3} - X_{fr}$ 、 $\Delta X_{f4} = X_{f4} - X_{fr}$ ）が得られる。第一の開弁特性時における指標  $X_{fn}$  は後述するように燃料噴射量のバラツキの影響を表しているので、基準値  $X_{fr}$  からの偏差  $\Delta X_{fn}$  を算出することによって燃料噴射量のバラツキが分かる。

本実施形態では、図 6 a から図 7 b において通常運転時における値、例えば  $X_{A0}$  が基準値  $X_{fr}$  に相当している。そしてこの  $X_{A0}$  と各気筒における値、例えば  $X_{A1}$  との差、例えば  $\Delta X_{A1}$  が、偏差  $\Delta X_{fn}$  として算出される。従って、図 6 a における  $\Delta X_{A1}$ 、 $\Delta X_{A2}$  がステップ 103 における偏差  $\Delta X_{fn}$  に相当する。同様に図 6 b における  $\Delta X_{B1}$ 、 $\Delta X_{B2}$ 、図 7 a における  $\Delta X_{C1}$ 、 $\Delta X_{C2}$ 、および図 7 b における  $\Delta X_{D1}$ 、 $\Delta X_{D2}$  も偏差  $\Delta X_{fn}$  に相当する。また、図 6 a、図 6 b、図 7 a および図 7 b においては二つの気筒についてののみしか示されていないが、実際には他の気筒、例えば四気筒の場合には残りの二つの気筒についても同様な偏差が算出される。なお、他の実施形態においては各気筒に対して得られた上記指標  $X_{fn}$  の平均値  $X_{avg}$  ( $= \Sigma X_{fn} / n$ ) を算出し、平均値  $X_{avg}$  と各指標  $X_{fn}$  との偏差 ( $= X_{avg} - X_{fn}$ ) を偏差  $\Delta X_{fn}$  または後述する  $\Delta X_{sn}$  としてもよい。

次いでステップ 104 においては、開弁特性を第二開弁特性とした時の燃焼状態の指標  $X_{sn}$  が気筒毎に検出される。これは図 5 の制御ルーチンのステップ 101 と同様の制御ステップである。本制御ルーチンによる制御においても、この第二開弁特性においては上

記第一開弁特性の時よりも作用角および／またはリフト量が小さくされる。従って、第二開弁特性時には吸気量は比較的小さくなる。なお、開弁特性制御装置によって作用角とリフト量の方のみを制御する実施形態の場合には作用角またはリフト量が上記第一開弁特性の時よりも小さくされる。

更に、ステップ 104 において開弁特性を第二開弁特性とした時の吸気量、ならびに回転数および機関負荷は、ステップ 101 において開弁特性が第一開弁特性であった時と同じになるようにされる。すなわち、開弁特性制御装置 57 が正常に作動しているとすれば各開弁特性の時に同じ吸気量等になるようにスロットル弁 56 が制御される。なお、当然のことながら、ステップ 104 で検出する燃焼状態の指標  $X_{sn}$  はステップ 101 で検出した燃焼状態の指標  $X_{fn}$  と同種類のものとされる。

ステップ 104 において気筒毎に第二開弁特性での上記燃焼状態の指標  $X_{sn}$  が検出されると、ステップ 105 に進む。ステップ 105 においては指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差 ( $X_{fn} - X_{fr}$ ) を求め、次いで、この差の絶対値  $|X_{fn} - X_{fr}|$  が所定の値  $C1'$  よりも大きいかな否かが判定される。ステップ 105 における所定の値  $C1'$  はゼロより大きい値である。前述した所定の値  $C1$  の場合と同様に、所定の値  $C1'$  も負荷  $L$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で ECU 27 内に記憶されている。なお、ステップ 103 を通過している場合には偏差  $\Delta X_{fn}$  の絶対値を直接的に使用するようにしてもよい。ステップ 105 において絶対値  $|X_{fn} - X_{fr}|$  が所定の値  $C1'$  よりも大きいと判定された場合にはステップ 106 に進み、絶対値  $|X_{fn} - X_{fr}|$  が所定の値  $C1'$  よりも大きくないと判定された場合にはステップ 107 に進む。

ここで、上記ステップ 105 における前述した判定について説明する。開弁特性制御装置 57 にバラツキがある場合、つまり開弁特性にバラツキがある場合には気筒間の吸気量に差が発生するが、作用角やリフト量が小さい程、その影響が大きくなることがわかっている。一方、作用角やリフト量が大きい程、開弁特性のバラツキに基づく指標への影響は小さい。そして、作用角やリフト量が或る程度以上の値であれば、開弁特性のバラツキの影響はほとんど無視できると考えることができる。このため、作用角やリフト量が比較的大きいとき、すなわち第一開弁特性時に前述した指標に対する影響が検出される場合には、この原因は、開弁特性制御装置 57 のバラツキによるものではなくて、開弁特性制御装置 57 以外の部分、本発明では燃料噴射装置による燃料噴射量のバラツキによるものと判断することができる。すなわち、ステップ 105 のように指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差  $(X_{fn} - X_{fr})$  の絶対値  $|X_{fn} - X_{fr}|$  が所定の値  $C1'$  よりも大きい場合には、燃料噴射量のバラツキが生じているものと判断することができる。一方、作用角やリフト量が比較的小さいとき、すなわち第二開弁特性時に前述した指標に対する影響が発生した場合には、この原因は開弁特性制御装置 57 による開弁特性のバラツキが生じているだけでなく開弁特性制御装置 57 以外の部分である燃料噴射装置による燃料噴射量のバラツキが混在している。

そして指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差  $(X_{fn} - X_{fr})$  の絶対値  $|X_{fn} - X_{fr}|$  が所定の値  $C1'$  よりも大きい場合にはステップ 106 に進む。ステップ 106 においては、ステップ 104 で算出した第二の開弁特性時における指標  $X_{sn}$  から、指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差  $(X_{fn} - X_{fr})$  を減じることによって、第二の開弁特性に関する新たな指標  $X_{sn}'$  ( $= X_{sn} - (X_{fn} - X_{fr})$ )

$-X_{fr})$ )) を各気筒毎に算出する。例えば内燃機関が四気筒の場合には  $X_{s1}' (=X_{s1} - (X_{f1} - X_{fr})) \sim X_{s4}' (=X_{s4} - (X_{f4} - X_{fr}))$  までの四つの新たな指標が算出される。ここで、差  $(X_{fn} - X_{fr})$  は絶対値ではなく、正負の符号を含んだ状態のままである。従って、差  $(X_{fn} - X_{fr})$  が正の値である場合には新たな指標  $X_{sn}'$  は元の指標  $X_{sn}$  よりも小さくなり、差  $(X_{fn} - X_{fr})$  が負の値である場合には新たな指標  $X_{sn}'$  は元の指標  $X_{sn}$  よりも大きくなる。このように、燃料噴射量のバラツキ分  $(X_{fn} - X_{fr} = \Delta X_{fn})$  を補正してやることによって、燃料噴射量のバラツキの影響を含んでいない新たな指標  $X_{sn}'$  を算出することができる。従って、新たな指標  $X_{sn}'$  は開弁特性のバラツキのみの影響を表すこととなる。

次いでステップ107においては、ステップ104で得られた指標  $X_{sn}$  またはステップ106で得られた新たな指標  $X_{sn}'$  とこれら指標について予め定めた基準値  $X_{sr}$  との差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ）の絶対値が算出される。すなわち新たな指標  $X_{sn}'$  が算出されなかった場合（ステップ105でNO判定された場合）には指標  $X_{sn}$ （四気筒の場合には  $X_{s1} \sim X_{s4}$ ）と基準値  $X_{sr}$  との差の絶対値  $(|X_{sn} - X_{sr}|)$  が算出される。そして、ステップ106で新たな指標  $X_{sn}'$  が気筒毎に算出された場合には、新たな指標  $X_{sn}'$ （四気筒の場合には  $X_{s1}' \sim X_{s4}'$ ）と基準値  $X_{sr}$  との差の絶対値  $(|X_{sn}' - X_{sr}|)$  が算出される。この基準値  $X_{sr}$  は、上記基準値  $X_{fr}$  と同様、各運転状態におけるその指標に関する正常な値もしくは目標とする値である。さらにステップ107ではこれら差の絶対値  $(|X_{sn} - X_{sr}|$ 、または  $|X_{sn}' - X_{sr}|)$  が所定の値  $C_2$  よりも大きいか否かが判定される。上記ステップ107における

所定の値  $C_2$  はゼロより大きい値である。図 8 b は所定の値  $C_2$  のマップを示す図である。図 8 b に示されるように、所定の値  $C_2$  は負荷  $L$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で ECU 27 内に記憶されている。ステップ 107 において、差の絶対値 ( $|X_{sn} - X_{sr}|$ 、または  $|X_{sn}' - X_{sr}|$ ) が所定の値  $C_2$  よりも大きいと判定された場合にはステップ 108 に進む。一方、ステップ 107 において前述した差の絶対値が所定の値よりも大きくないと判定された場合には、開弁特性のバラツキが存在していないと判定されて処理を終了する。なお、所定の基準値  $X_{sr}$  が指標  $X_{s1}$  から  $X_{s4}$  までの平均値  $X_{avg}$  ( $= \sum X_{sn} / n$ ) であってもよい。

ステップ 108 においては、ステップ 104 で得られた指標  $X_{sn}$  またはステップ 106 で得られた新たな指標  $X_{sn}'$  とこれら指標について予め定めた基準値  $X_{sr}$  との差 (より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ)  $\Delta X_{sr}$  が気筒毎に算出される。この基準値  $X_{sr}$  は、上記基準値  $X_{fr}$  と同様、各運転状態におけるその指標に関する正常な値もしくは目標とする値である。例えば前述した第一開弁特性の場合とは異なる第二開弁特性時についての図 6 a に示される関係が得られたとすると、通常運転時における値、例えば  $X_{A0}$  が基準値  $X_{sr}$  に相当している。そしてこの  $X_{A0}$  と各気筒における値、例えば  $X_{A1}$  との差、例えば  $\Delta X_{A1}$  が、偏差  $\Delta X_{sn}$  として算出される。従って、この場合には図 6 a における  $\Delta X_{A1}$ 、 $\Delta X_{A2}$  がステップ 108 における偏差  $\Delta X_{sn}$  に相当する。前述した場合と同様に、図 6 b における  $\Delta X_{B1}$ 、 $\Delta X_{B2}$ 、図 7 a における  $\Delta X_{C1}$ 、 $\Delta X_{C2}$ 、および図 7 b における  $\Delta X_{D1}$ 、 $\Delta X_{D2}$  も偏差  $\Delta X_{sn}$  に相当する。ステップ 108 により、各気筒 (第一から第四気筒) の燃焼状態の指標  $X_{sn}$  または新たな

指標  $X_{s n}'$  と基準値  $X_{s r}$  との差（すなわち、気筒毎偏差） $\Delta X_{s n}$ （つまり、 $\Delta X_{s 1} = X_{s 1} - X_{s r}$ 、 $\Delta X_{s 2} = X_{s 2} - X_{s r}$ 、 $\Delta X_{s 3} = X_{s 3} - X_{s r}$ 、 $\Delta X_{s 4} = X_{s 4} - X_{s r}$ 、または $\Delta X_{s 1} = X_{s 1}' - X_{s r}$ 、 $\Delta X_{s 2} = X_{s 2}' - X_{s r}$ 、 $\Delta X_{s 3} = X_{s 3}' - X_{s r}$ 、 $\Delta X_{s 4} = X_{s 4}' - X_{s r}$ ）が得られ、処理を終了する。前述したように第二の開弁特性時の指標  $X_{s n}$  においては、燃料噴射量のバラツキと開弁特性のバラツキとが混在しうるが、本発明においては燃料噴射量のバラツキが存在する場合にはこれを補正している（指標  $X_{s n}$  から差（ $X_{f n} - X_{f r}$ ）を減算）ので、基準値  $X_{s r}$  からの偏差  $\Delta X_{s n}$  を算出することによって開弁特性のバラツキのみを算出することができる。

図 9 a は例として四つの気筒（# 1 ～ # 4）を備えた内燃機関のうちの任意の気筒 # 1 および気筒 # 2 における第一の開弁特性時における指標  $X_{f n}$  を示す図である。また、図 9 b は任意の気筒 # 1、# 2 における第二の開弁特性時における指標  $X_{s n}$  を示す図である。これら図面に示される点線  $X$  は基準値であり、図 6 a における  $X A 0$ 、図 6 b における  $X B 0$ 、図 7 a における  $X C 0$  および図 7 b における  $X D 0$  に相当する。図 9 a に示されるように気筒 # 1 および気筒 # 2 における第一の開弁特性時の指標  $X_{f n}$  が概ね等しいか、または図示しないもののこれらが所定の値  $C 1$  を越えない程度にわずかながらズレている場合には、図 5 のステップ 1 0 2 において指標  $X_{f n}$  と基準値  $X_{f r}$  との差の絶対値（ $|X_{f n} - X_{f r}|$ ）が所定の値  $C 1$  より大きくないと判定（NO 判定）される。従って、この場合にはステップ 1 0 3 を通過することなしにステップ 1 0 4 に進むこととなる。そして、指標  $X_{f n}$  と基準値  $X_{f r}$  との差（ $X_{f n} - X_{f r}$ ）の絶対値  $|X_{f n} - X_{f r}|$  が所定の値  $C 1'$  よりも大きくない場合には、ステップ 1 0 6 において燃料噴射量の

バラツキ分を補正することはない。すなわち燃料噴射量のバラツキが生じていないと判断される。さらに、図 9 b に示されるように気筒 # 1 および気筒 # 2 における第二の開弁特性時の指標  $X_{sn}$  が概ね等しいか、または図示しないもののこれらが所定の値  $C_2$  を越えない程度にわずかながらズレている場合には、ステップ 107 において指標  $X_{sn}$  と基準値  $X_{sr}$  との差の絶対値 ( $|X_{sn} - X_{sr}|$ ) が所定の値  $C_2$  より大きくないと判定 (NO 判定) される。つまり、この場合には開弁特性のバラツキも生じていないと判断される。

図 10 a および図 10 b は、他の場合の任意の気筒 # 1、# 2 における第一および第二の開弁特性時における指標  $X_{sn}$  を示す図 9 a および図 9 b と同様の図である。点線 X については前述したとおりである。図 10 a に示されるように気筒 # 1 および気筒 # 2 における第一の開弁特性時の指標  $X_{fn}$  が概ね等しいか、または図示しないもののこれらが所定の値  $C_1$  を越えない程度にわずかながらズレている場合には、前述したようにステップ 102 において NO 判定されて、ステップ 104 に進む。そして、指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差 ( $X_{fn} - X_{fr}$ ) の絶対値  $|X_{fn} - X_{fr}|$  が所定の値  $C_1'$  よりも大きくない場合には、ステップ 106 において燃料噴射量のバラツキ分を補正することはない。すなわち燃料噴射量のバラツキは生じていないものと判断される。一方、第二の開弁特性時における指標  $X_{sn}$  が図 10 b に示されるように指標  $X_{s1}$ 、 $X_{s2}$  は基準線 X から互いに反対方向にずれている。このような場合には図 5 に示されるプログラム 100 のステップ 107 において指標  $X_{sn}$  と基準値  $X_{sr}$  との差の絶対値 ( $|X_{sn} - X_{sr}|$ ) が所定の値  $C_2$  より大きいと判定 (YES 判定) されうる。そして、ステップ 108 において偏差  $\Delta X_{sn}$  ( $\Delta X_{s1}$  および  $\Delta X_{s2}$

）が算出される。つまり、この場合には開弁特性のバラツキのみが生じていると判断される。

ところで、図5のプログラム100のステップ102において第一の開弁特性時の指標 $X_{fn}$ と基準値 $X_{fr}$ との差の絶対値（ $|X_{fn} - X_{fr}|$ ）が所定の値 $C1$ より大きいと判定される（YES判定）場合には、少なくとも三つのパターンに分類できる。図11は、図5のステップ102においてYES判定された際のさらに三つのパターンを説明するためのフローチャートである。従って、図11を参照しつつ、これら三つのパターンについて説明する。

まず、図11に示されるステップ201において図5のステップ103で算出した偏差 $\Delta X_{fn}$ の正負の符号とステップ108で算出される偏差 $\Delta X_{sn}$ の正負の符号とが等しいか否かが判定される。これら偏差 $\Delta X_{fn}$ と偏差 $\Delta X_{sn}$ との符号が等しい場合には、ステップ202に進む。ステップ202においては、これら偏差 $\Delta X_{fn}$ の絶対値 $|\Delta X_{fn}|$ と偏差 $\Delta X_{sn}$ の絶対値 $|\Delta X_{sn}|$ とが互いに等しいか、すなわち $|\Delta X_{fn}| = |\Delta X_{sn}|$ であるか否かが判定される。そして、ステップ202において $|\Delta X_{fn}| = |\Delta X_{sn}|$ であると判定された場合には、ステップ203に進む。

図12aから図12cは図11のステップ203に進む場合の指標 $X_{fn}$ 、指標 $X_{sn}$ 、および補正後の新たな指標 $X_{sn}'$ をそれぞれ示す図である。図12aに示される第一の開弁特性時における指標 $X_{f1}$ 、 $X_{f2}$ は基準値 $X$ からそれぞれ $\Delta X_{f1}$ 、 $\Delta X_{f2}$ だけ互いに反対方向にズレている。一方、図12bに示されるように第二の開弁特性時における指標 $X_{s1}$ 、 $X_{s2}$ も基準値 $X$ からそれぞれ $\Delta X_{s1}$ 、 $\Delta X_{s2}$ だけ互いに反対方向にズレている。そして、 $\Delta X_{s1}$ 、 $\Delta X_{s2}$ のズレ方向は、図12aに示される $\Delta X_{f1}$



、 $\Delta X f 2$  のズレ方向に等しくなっており、従って、ステップ 2 0 1 において Y E S 判定される。また、図 1 2 a および図 1 2 b から分かるように、これら  $\Delta X f 1$  の絶対値  $|\Delta X f 1|$  と  $\Delta X s 1$  の絶対値  $|\Delta X s 1|$  とが等しくなっていると共に、 $\Delta X f 2$  の絶対値  $|\Delta X f 2|$  と  $\Delta X s 2$  の絶対値  $|\Delta X s 2|$  とが等しくなっている。すなわち  $|\Delta X f n| = |\Delta X s n|$  が成立しており、ステップ 2 0 2 において Y E S 判定される。そして、 $|\Delta X f n| = |\Delta X s n|$  が成立しているために、図 5 のステップ 1 0 6 における補正により得られた新たな指標  $X s n'$  に関する  $\Delta X s n$  は図 1 2 c に示されるように概ねゼロとなる。すなわち、この場合には補正前（図 1 2 b）においては偏差  $\Delta X s n$  が存在していて、開弁特性のバラツキが存在しているように見えるものの、前述した補正を行うことによって、実際には偏差  $\Delta X s n$  は存在しておらず、従って、開弁特性のバラツキは発生していないことが分かる（図 1 2 c を参照されたい）。

再び図 1 1 を参照すると、ステップ 2 0 2 において偏差  $\Delta X f n$  の絶対値  $|\Delta X f n|$  と偏差  $\Delta X s n$  の絶対値  $|\Delta X s n|$  とが等しくない、すなわち  $|\Delta X f n| \neq |\Delta X s n|$  であると判定された場合にはステップ 2 0 4 に進むこととなる。図 1 3 a から図 1 3 c はステップ 2 0 4 に進む場合の指標  $X f n$ 、指標  $X s n$ 、および補正後の新たな指標  $X s n'$  をそれぞれ示す図である。図 1 3 a は図 1 2 a とほぼ同じであるので説明を省略する。一方、図 1 3 b に示されるように第二の開弁特性時における指標  $X s 1$ 、 $X s 2$  も基準値  $X$  からそれぞれ  $\Delta X s 1$ 、 $\Delta X s 2$  だけ互いに反対方向にズレており、これら  $\Delta X s 1$ 、 $\Delta X s 2$  のズレ方向は、図 1 3 a に示される  $\Delta X f 1$ 、 $\Delta X f 2$  のズレ方向にそれぞれ等しくなっている。従って、ステップ 2 0 1 において Y E S 判定される。

しかしながら、図 1 3 a および図 1 3 b から分かるように、 $\Delta X_{s1}$  の絶対値  $|\Delta X_{s1}|$  は  $\Delta X_{f1}$  の絶対値  $|\Delta X_{f1}|$  よりも大きくなっており、また  $\Delta X_{s2}$  の絶対値  $|\Delta X_{s2}|$  も  $\Delta X_{f2}$  の絶対値  $|\Delta X_{f2}|$  より大きくなっている。すなわち、この場合には  $|\Delta X_{fn}| \neq |\Delta X_{sn}|$  となっており、従って、ステップ 202 において NO 判定される。そして、この場合に図 5 のステップ 106 における補正により新たな指標  $X_{sn}'$  ( $= X_{sn} - (X_{fn} - X_{fr})$ ) を算出すると、新たな指標  $X_{sn}'$  は図 1 3 c に示されるようになる。すなわち、補正後の新たな指標  $X_{sn}'$  に基づく  $\Delta X_{sn}$  (図 1 3 c) は、補正前の  $\Delta X_{sn}$  (図 1 3 b) のズレ方向と等しくなっているが、補正後の  $\Delta X_{sn}$  の絶対値  $|\Delta X_{sn}|$  は、補正前の  $\Delta X_{sn}$  の絶対値  $|\Delta X_{sn}|$  よりも小さくなっている。すなわち、この場合には補正前 (図 1 3 b) においては偏差  $\Delta X_{sn}$  は比較的大きくなっており、従って、開弁特性のバラツキと燃料噴射量のバラツキとの合計は比較的大きいように見えるが、実際には補正後における新たな偏差  $\Delta X_{sn}$  は比較的小さくなっているのが分かる。すなわち、この場合には補正前の偏差  $\Delta X_{sn}$  のうちの大部分は燃料噴射量のバラツキに基づくものであり、開弁特性のバラツキ自体は実際には比較的小さかったことが分かる。

再び図 1 1 を参照すると、前述したステップ 201 において偏差  $\Delta X_{fn}$  の正負の符号と偏差  $\Delta X_{sn}$  の正負の符号とが等しくないと判定された場合にはステップ 205 に進む。図 1 4 a から図 1 4 c はステップ 205 に進みうる一つの或る場合の指標  $X_{fn}$ 、指標  $X_{sn}$ 、および補正後の新たな指標  $X_{sn}'$  をそれぞれ示す図である。図 1 4 a に示されるように第一の開弁特性時における指標  $X_{f1}$ 、 $X_{f2}$  は基準値  $X$  からそれぞれ  $\Delta X_{f1}$ 、 $\Delta X_{f2}$  だけ互いに反対方向にズレている。一方、図 1 4 b においては第二の開弁特性

時における指標  $X_{s1}$ 、 $X_{s2}$  は基準値  $X$  からズレていないか、またはこれら指標  $X_{s1}$ 、 $X_{s2}$  が図 14a における  $\Delta X_{f1}$ 、 $\Delta X_{f2}$  のズレ方向に対してそれぞれ反対方向にわずかながらズレていてもよい。次いで、前述したステップ 106 における指標  $X_{sn}$  に関する補正を行うと、補正後の新たな指標  $X_{sn}'$  は図 14c に示されるようになる。すなわち、図 14a に示される燃料噴射量のバラツキ分が補正されるので、補正後の新たな指標  $X_{s1}'$ 、 $X_{s2}'$  は基準値  $X$  から  $\Delta X_{s1}$ 、 $\Delta X_{s2}$  だけズレるようになる。特に、この場合には図 14b に示されるように一見すると第二の開弁特性時の指標  $X_{sn}$  のズレが存在しないので開弁特性のバラツキが生じていないように見えるが、前述した補正を行うことによって指標  $X_{sn}$  のバラツキ、つまり開弁特性のバラツキが実際には発生していたことが分かる。

なお、以上では開弁特性を二つの異なる開弁特性（第一開弁特性及び第二開弁特性）に変化させる場合を例にとって説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、開弁特性を三つ以上の異なる開弁特性に変化させて、その時の上記指標の上記偏差や上記基準値との差の変化に基づいて開弁特性バラツキおよび燃料噴射量バラツキを検出するようにしてもよい。

このように、本発明においては第二の開弁特性時における偏差だけでなく、第一の開弁特性時における偏差をも考慮している。このように、異なる二つの開弁特性における燃焼状態の指標から各気筒の偏差を算出し、これら偏差を用いて補正することにより、気筒間のバラツキを正確に検出することが可能となる。特に、第二の開弁特性時における偏差  $\Delta X_{sn}$  の実測値がゼロに近い場合には、開弁特性のバラツキが検出されない可能性があったが、本発明においてはこのような場合であっても開弁特性バラツキの発生の有無を正確

に検出することが可能となる。また当然のことながら、前述した実施形態のうちのいくつかを適宜組み合わせることは本発明の範囲に含まれる。

図 1 5 は、本発明の開弁特性制御装置が搭載された他の火花点火式内燃機関の横断面図である。図 1 5 に示されるように、内燃機関 1 の吸気通路が該吸気通路の両側にそれぞれ配置された吸気マニホールド 7 1、7 2 に接続されている。そして、吸気マニホールド 7 1 の各通路は内燃機関 1 の左バンク B L において一列に配置された第一気筒 # 1、第三気筒 # 3、第五気筒 # 5 のそれぞれに連結されている。同様に、吸気マニホールド 7 2 の各通路は内燃機関 1 の右バンク B R において一列に配置された第二気筒 # 2、第四気筒 # 4、第六気筒 # 6 のそれぞれに連結されている。つまり、本発明においては奇数 (u n e v e n   n u m b e r、U N) 番号の気筒が左バンク B L に配置されると共に、偶数 (e v e n   n u m b e r、E N) 番号の気筒が右バンク B R に配置されている。なお、図 1 5 においては各バンクに三つの気筒が配置されているが、各バンク B L、B R における気筒の数が異なってもよい。

図 1 6 は図 1 5 に示される内燃機関の正面からみた縦断面図である。図 1 6 から分かるように、この場合の内燃機関 1 は、左バンク B L の第一気筒 # 1 と右バンク B R の第二気筒 # 2 とが V 字形状をなしているいわゆる V 型内燃機関である。そして、図 1 6 に示されるように、左バンク B L の各気筒 # 1、# 3、# 5 の吸気弁の開弁特性を設定する開弁特性制御装置 5 7 L と、右バンク B R の各気筒 # 2、# 4、# 6 の吸気弁の開弁特性を設定する開弁特性制御装置 5 7 R とが内燃機関 1 に設けられている。ここで、開弁特性制御装置 5 7 L、5 7 R は図 3 および図 4 を参照して説明した開弁特性制御装置 5 7 と同様であるので説明を省略する。

以下、このようなV型内燃機関における各バンク間のバラツキ検出について説明する。図17は、図15および図16に示される内燃機関のバンク間のバラツキ検出装置の動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。図17に示されるプログラム300は吸気量が一定となる通常運転の場合、例えば暖機後のアイドリング運転時にECU27によって実施される。図17に示されるプログラム300のうち、ステップ301からステップ308については、図5のステップ101から108と同様であるので説明を省略する。ステップ308において算出される偏差 $\Delta X_{sn}$ は、第一気筒#1についての偏差 $\Delta X_{s1}$ 、第二気筒#2についての偏差 $\Delta X_{s2}$ 、第三気筒#3についての偏差 $\Delta X_{s3}$ 、第四気筒#4についての偏差 $\Delta X_{s4}$ 、第五気筒#5についての偏差 $\Delta X_{s5}$ 、および第六気筒#6についての偏差 $\Delta X_{s6}$ を含んでいる。そして、ステップ309において、これら偏差を各バンクについてそれぞれ平均化する。すなわちステップ309においては、左バンクBLに関する偏差 $\Delta X_{s1}$ 、 $\Delta X_{s3}$ 、 $\Delta X_{s5}$ 、すなわち奇数(UN)番号の気筒の偏差 $\Delta X_{sn}$ (UN)の平均値 $avg \Delta X_{sn}$ (UN)を算出すると共に、右バンクBRに関する偏差 $\Delta X_{s2}$ 、 $\Delta X_{s4}$ 、 $\Delta X_{s6}$ 、すなわち偶数(EN)番号の気筒の偏差 $\Delta X_{sn}$ (EN)の平均値 $avg \Delta X_{sn}$ (EN)を算出する。そして、平均値 $avg \Delta X_{sn}$ (UN)を左バンクBLに関する偏差 $\Delta X_{sL}$ とすると共に、平均値 $avg \Delta X_{sn}$ (EN)右バンクBRに関する偏差 $\Delta X_{sR}$ とする。

このような偏差 $\Delta X_{sL}$ および偏差 $\Delta X_{sR}$ を求める様子を図18aおよび図18bを参照して説明する。図18aおよび図18bにおける縦軸は第二開弁特性時の指標 $X_{sn}$ を示しており、ここではステップ306で算出された補正後の指標 $X_{sn}'$ が示されている。

る。図 18 a における横軸は図 15 等に表示される内燃機関の第一気筒 # 1 から第六気筒 # 6 を示している。また、図 18 b における横軸は左バンク B L および右バンク B R を示している。なお、これら図面に示される点線 X は図 9 等の場合と同様の基準値である。

図 17 のステップ 308 において算出される偏差  $\Delta X s_n$ 、つまり偏差  $\Delta X s_1$  から偏差  $\Delta X s_6$  は、例えば図 18 a に示されるように分布しているものとする。つまり、図 18 a から分かるように、左バンク B L の各気筒の偏差  $\Delta X s_1$ 、 $\Delta X s_3$ 、 $\Delta X s_5$  が基準値 X を概ね上回るよう分布している。これに対し、右バンク B R の各気筒の偏差  $\Delta X s_2$ 、 $\Delta X s_4$ 、 $\Delta X s_6$  は基準値 X を概ね下回るよう分布している。そして、図 17 のステップ 309 において、各バンクにおける各偏差をそれぞれ平均化することにより左バンク B L における偏差  $\Delta X s_L$  および右バンク B R における偏差  $\Delta X s_R$  を算出すると、偏差  $\Delta X s_L$  および偏差  $\Delta X s_R$  の位置はそれぞれ図 18 b に示されるように決定される。このように、各バンクにおける気筒の偏差  $\Delta X s_n$  を平均化することにより、バンク毎の偏差  $\Delta X s_L$  および偏差  $\Delta X s_R$  が分かる。前述したように、偏差  $\Delta X s_n$  は吸気弁 9 の開弁特性のバラツキを表しているので、バンク毎の偏差  $\Delta X s_L$  および偏差  $\Delta X s_R$  を算出することにより、各バンクにおける開弁特性のバラツキの傾向を判断することが可能となる。つまり、図 18 b に示される場合には、左バンク B L における開弁特性のバラツキは基準値 X よりも大きい傾向にあり、右バンク B R における開弁特性のバラツキは基準値 X よりも小さい傾向にあるのが分かる。特に各バンクにおける気筒の数が多い場合には開弁特性のバラツキを気筒毎に判断する必要がないので、バンク間における開弁特性のバラツキを求めることは有利である。

なお、図 17 のプログラム 300 においては、ステップ 308 に

において偏差 $\Delta X_{sn}$ を算出した後にステップ309においてこれら偏差 $\Delta X_{sn}$ をバンク毎に平均化処理しているが、平均化処理を行うことなしに、偏差 $\Delta X_{sL}$ および $\Delta X_{sR}$ を求める他の方法を採用してもよい。例えば左バンクBL内の三つの気筒のうちの任意の一つの気筒、例えばバンクの中央に位置する第三気筒#3に関する偏差 $\Delta X_{s3}$ のみを算出して、これを左バンクBLにおける偏差 $\Delta X_{sL}$ としてもよい。また、平均化処理を行うことなしに、例えば左バンクBLの偏差 $\Delta X_{s1}$ 、 $\Delta X_{s3}$ 、 $\Delta X_{s5}$ のうちの真ん中の値を（例えば $\Delta X_{s1} < \Delta X_{s3} < \Delta X_{s5}$ の場合には、偏差 $\Delta X_{s3}$ ）左バンクBLに関する偏差 $\Delta X_{sL}$ として採用することもできる。右バンクBRについても同様に平均化処理を行うことなしに、偏差 $\Delta X_{sR}$ を決定するようにしてもよい。

ところで、左バンクBLにおける偏差 $\Delta X_{sL}$ 、および右バンクBRにおける偏差 $\Delta X_{sR}$ は図17に示されるプログラム300以外の方法で算出することも可能である。図19および図20の両方は、図15および図16に示される内燃機関のバンク間のバラツキ検出装置の動作のためのプログラムの他のフローチャートを示す図であり、図19および図20に示されるプログラム500は吸気量が一定となる通常運転の場合、例えば暖機後のアイドリング運転時にECU27によって実施される。以下、図19および図20を参照しつつ、偏差 $\Delta X_{sL}$ および偏差 $\Delta X_{sR}$ を算出する他の算出方法について説明する。

図19のステップ501aにおいては、プログラム100の場合と同様に第一の開弁特性における燃焼状態の指標 $X_{fn}$ が気筒毎に検出される。この場合には、図15に示される内燃機関1が六つの気筒、すなわち第一気筒#1～第六気筒#6を含んでいるので、指標 $X_{f1}$ ～指標 $X_{f6}$ が検出されることになる。なお、この第一開

弁特性には作用角および／またはリフト量が比較的大きい場合であって、開弁特性のパラツキが無視できる程度に小さい場合が選択される。従って、第一開弁特性時においては吸気量は比較的多くなる。なお、開弁特性制御装置によって作用角とリフト量の一方のみを制御する実施形態の場合には作用角またはリフト量が比較的大きい場合とされる。また、ステップ 5 0 1 および後述するステップ 5 0 4 における燃焼状態の指標については、図 6 a、図 6 b、図 7 a および図 7 b を参照した場合と同様であるので説明を省略する。

次いで、ステップ 5 0 1 b に進み、第一気筒 # 1 ～第六気筒 # 6 に関する指標  $X f 1$  ～指標  $X f 6$  を各バンクについて平均化する。前述したように左バンク B L には第一気筒 # 1、第三気筒 # 3 および第五気筒 # 5 が配置されており、右バンク B R には第二気筒 # 2、第四気筒 # 4 および第六気筒 # 6 が配置されている。従って、ステップ 5 0 1 b においては、まず、左バンク B L に関する指標  $X f 1$ 、 $X f 3$ 、 $X f 5$ 、すなわち奇数 (U N) 番号の気筒の指標  $X f n$  (U N) の平均値  $a v g X f n$  (U N) を算出して、この平均値を左バンク B L に関する指標  $X f L$  とする。同様に、右バンク B R に関する指標  $X f 2$ 、 $X f 4$ 、 $X f 6$ 、すなわち偶数 (E N) 番号の気筒の指標  $X f n$  (E N) の平均値  $a v g X f n$  (E N) を算出して、この平均値を右バンク B R に関する指標  $X f R$  とする。

なお、ステップ 5 0 1 a において指標  $X f n$  を検出した後にステップ 5 0 1 b においてこれら指標  $X f n$  をバンク毎に平均化処理しているが、プログラム 5 0 0 においても、平均化処理を行うことなしに、指標  $X f L$  および  $X f R$  を求める他の方法を採用してもよい。例えば左バンク B L 内の三つの気筒のうちの任意の一つの気筒、例えばバンクの中央に位置する第三気筒 # 3 に関する燃焼状態の指標のみを検出して、これを左バンク B L における燃焼状態の指標  $X$



f Lとしてもよい。また、平均化処理を行うことなしに、例えば左バンク B L の指標 X f 1、X f 3、X f 5 のうちの真ん中の値を指標を左バンク B L に関する指標 X f L として採用することもできる。右バンク B R についても同様である。

これら左バンク B L に関する指標 X f L および右バンク B R に関する指標 X f R が算出されると、ステップ 5 0 2 に進む。ステップ 5 0 2 においては、ステップ 5 0 1 において得られた上記指標 X f L、X f R とこれら指標について予め定めた基準値 X f r L、X f r R との差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ）の絶対値が算出され、これら差の絶対値が所定の値 D 1 より大きいかが判定される。これら基準値 X f r L、X f r R は、その燃焼状態の指標に関して各運転状態における正常な値もしくは目標とする値であって、事前に実験等によって求めマップ化して E C U 2 7 に記憶させておく。すなわち、例えば機関回転数、アクセル開度等からその時の燃焼状態の指標の基準値 X f r L、X f r R が得られるようにしておく。また、上記ステップ 5 0 2 における所定の値 D 1 はゼロより大きい値である。E C U 2 7 において、指標 X f L、X f R と基準値 X f r L、X f r R とのそれぞれの差の絶対値（ $|X f L - X f r L|$ 、 $|X f R - X f r R|$ ）のうちの少なくとも一方が所定の値 D 1 よりも大きいと判定された場合にはステップ 5 0 3 に進み、この差の絶対値（ $|X f n - X f r L|$ 、 $|X f L - X f r R|$ ）が所定の値 D 1 よりも大きくないと判定された場合にはステップ 5 0 4 a に進む。なお、所定の基準値 X f r L、X f r R が指標 X f 1 から X f 6 までの平均値 X f a v g（ $= \sum X f n / n$ ）であってもよい。

ステップ 5 0 3 においてはステップ 5 0 1 b において得られた上記指標 X f L、X f R とその指標について予め定めた基準値 X f r

L、 $X_{fr}R$ とのそれぞれの差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ） $\Delta X_{fL}$ 、 $\Delta X_{fR}$ （つまり、 $\Delta X_{fL} = X_{fL} - X_{frL}$ 、 $\Delta X_{fR} = X_{fR} - X_{frR}$ ）がバンク毎に算出される。これら基準値 $X_{frL}$ 、 $X_{frR}$ は、その燃焼状態の指標に関して各運転状態における正常な値もしくは目標とする値であって、事前に実験等によって求めマップ化してECU27に記憶させておく。すなわち、例えば機関回転数、アクセル開度等からその時の燃焼状態の指標の基準値 $X_{frL}$ 、 $X_{frR}$ が得られるようにしておく。ステップ503により、各バンク（左バンクBLおよび右バンクBR）の燃焼状態の指標 $X_{fL}$ 、 $X_{fR}$ と基準値 $X_{frL}$ 、 $X_{frR}$ との差（すなわち、バンク毎偏差） $\Delta X_{fL}$ 、 $\Delta X_{fR}$ が得られる。第一の開弁特性時における指標 $X_{fL}$ 、 $X_{fR}$ は、前述した $X_{fn}$ と同様に、燃料噴射量のバラツキの影響を表しているので、基準値 $X_{frL}$ 、 $X_{frR}$ からの偏差 $\Delta X_{fL}$ 、 $\Delta X_{fR}$ を算出することによって燃料噴射量のバラツキが分かる。

本実施形態では、図6aから図7bにおいて通常運転時における値、例えば $XA0$ が基準値 $X_{frL}$ 、 $X_{frR}$ に相当している。そしてこの $XA0$ と各バンクにおける値、例えば $XA1$ との差、例えば $\Delta XA1$ が、偏差 $\Delta X_{fL}$ 、 $\Delta X_{fR}$ として算出される。従って、図6aにおける $\Delta XA1$ 、 $\Delta XA2$ がステップ503における偏差 $\Delta X_{fL}$ 、 $\Delta X_{fR}$ に相当しうる。同様に図6bにおける $\Delta XB1$ 、 $\Delta XB2$ 、図7aにおける $\Delta XC1$ 、 $\Delta XC2$ 、および図7bにおける $\Delta XD1$ 、 $\Delta XD2$ も偏差 $\Delta X_{fL}$ 、 $\Delta X_{fR}$ に相当しうる。

次いでステップ504aにおいては、開弁特性を第二開弁特性とした時の燃焼状態の指標 $X_{sn}$ が気筒毎に検出される。この場合には、図15に示される内燃機関1が六つの気筒、すなわち第一気筒

# 1 ～ 第六気筒 # 6 を含んでいるので、指標  $Xs1$  ～ 指標  $Xs6$  が検出されることになる。本制御ルーチンによる制御においても、この第二開弁特性においては上記第一開弁特性の時よりも作用角および／またはリフト量が小さくされる。従って、第二開弁特性時には吸気量は比較的小さくなる。なお、開弁特性制御装置によって作用角とリフト量の方のみを制御する実施形態の場合には作用角またはリフト量が上記第一開弁特性の時よりも小さくされる。

更に、ステップ 504a において開弁特性を第二開弁特性とした時の吸気量、ならびに回転数および機関負荷は、ステップ 501 において開弁特性が第一開弁特性であった時と同じになるようにされる。すなわち、開弁特性制御装置 57L、57R が正常に作動しているとすれば各開弁特性の時に同じ吸気量等になるようにスロットル弁 56 が制御される。なお、当然のことながら、ステップ 504a で検出する燃焼状態の指標  $Xsn$  はステップ 501 で検出した燃焼状態の指標  $Xfn$  と同種類のものとされる。

次いで、ステップ 504b に進み、第一気筒 # 1 ～ 第六気筒 # 6 に関する指標  $Xs1$  ～ 指標  $Xs6$  を各バンクについて平均化する。前述したように左バンク BL には第一気筒 # 1、第三気筒 # 3 および第五気筒 # 5 が配置されており、右バンク BR には第二気筒 # 2、第四気筒 # 4 および第六気筒 # 6 が配置されている。従って、ステップ 504b においては、左バンク BL に関する指標  $Xs1$ 、 $Xs3$ 、 $Xs5$ 、すなわち奇数 (UN) 番号の気筒の指標  $Xsn$  (UN) の平均値  $avg Xsn$  (UN) を算出して、この平均値を左バンク BL に関する指標  $XsL$  とする。同様に、右バンク BR に関する指標  $Xs2$ 、 $Xs4$ 、 $Xs6$ 、すなわち偶数 (EN) 番号の気筒の指標  $Xsn$  (EN) の平均値  $avg Xsn$  (EN) を算出して、この平均値を右バンク BR に関する指標  $XsR$  とする。

なお、指標  $X_{fL}$ 、 $X_{fR}$  について前述した場合と同様に、平均化処理を行うことなしに、指標  $X_{sL}$ 、 $X_{sR}$  を求めるようにしてもよい。

ステップ 504b においてバンク毎に第二開弁特性での上記燃焼状態の指標  $X_{sL}$ 、 $X_{sR}$  が検出されると、ステップ 505 に進む。ステップ 505 においては指標  $X_{fL}$ 、 $X_{fR}$  とそれぞれの基準値  $X_{frL}$ 、 $X_{frR}$  との差 ( $X_{fL} - X_{frL}$ 、 $X_{fR} - X_{frR}$ ) を求め、次いで、これら差の絶対値  $|X_{fL} - X_{frL}|$ 、 $|X_{fR} - X_{frR}|$  が所定の値  $D1'$  よりも大きいかなんかが判定される。ステップ 505 における所定の値  $D1'$  はゼロより大きい値である。前述した所定の値  $D1$  の場合と同様に、所定の値  $D1'$  も負荷  $L$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で ECU 27 内に記憶されている。なお、ステップ 503 を通過している場合には偏差  $\Delta X_{fL}$ 、 $\Delta X_{fR}$  の絶対値を直接的に使用するようにしてもよい。ステップ 505 において絶対値  $|X_{fL} - X_{frL}|$ 、 $|X_{fR} - X_{frR}|$  のうちの少なくとも一方が所定の値  $D1'$  よりも大きいと判定された場合にはステップ 506 に進み、絶対値  $|X_{fL} - X_{frL}|$ 、 $|X_{fR} - X_{frR}|$  が所定の値  $D1'$  よりも大きくないと判定された場合にはステップ 507 に進む。

ここで、上記ステップ 505 における前述した判定について説明する。開弁特性制御装置 57L、57R にバラツキがある場合、つまり開弁特性にバラツキがある場合にはバンク間の吸気量に差が発生するが、作用角やリフト量が小さい程、その影響が大きくなることがわかっている。一方、作用角やリフト量が大きい程、開弁特性のバラツキに基づく指標への影響は小さい。そして、作用角やリフト量が或る程度以上の値であれば、開弁特性のバラツキの影響はほとんど無視できると考えることができる。このため、作用角やリフ

ト量が比較的大きいとき、すなわち第一開弁特性時に前述した指標に対する影響が検出される場合には、この原因は、開弁特性制御装置 57 L、57 R のバラツキによるものではなくて、開弁特性制御装置 57 L、57 R 以外の部分、本発明では燃料噴射装置による燃料噴射量のバラツキによるものと判断することができる。すなわち、ステップ 505 のように指標  $X_{fL}$ 、 $X_{fR}$  とそれぞれの基準値  $X_{frL}$ 、 $X_{frR}$  との差 ( $X_{fL} - X_{frL}$ 、 $X_{fR} - X_{frR}$ ) の絶対値  $|X_{fL} - X_{frL}|$ 、 $|X_{fR} - X_{frR}|$  が所定の値  $D1'$  よりも大きい場合には、燃料噴射量のバラツキが生じているものと判断することができる。一方、作用角やリフト量が比較的小さいとき、すなわち第二開弁特性時に前述した指標に対する影響が発生した場合には、この原因は開弁特性制御装置 57 L、57 R による開弁特性のバラツキが生じているだけでなく開弁特性制御装置 57 L、57 R 以外の部分である燃料噴射装置による燃料噴射量のバラツキが混在している。

そして指標  $X_{fL}$ 、 $X_{fR}$  とそれぞれの基準値  $X_{frL}$ 、 $X_{frR}$  との差 ( $X_{fL} - X_{frL}$ 、 $X_{fR} - X_{frR}$ ) の絶対値  $|X_{fL} - X_{frL}|$ 、 $|X_{fR} - X_{frR}|$  のうちの少なくとも一方が所定の値  $D1'$  よりも大きい場合にはステップ 506 に進む。ステップ 506 においては、ステップ 504 b で算出した第二の開弁特性時における左バンク BL に関する指標  $X_{sL}$  から、指標  $X_{fL}$  と基準値  $X_{frL}$  との差 ( $X_{fL} - X_{frL}$ ) を減じることによって、第二の開弁特性に関する新たな指標  $X_{sL}'$  ( $= X_{sL} - (X_{fL} - X_{frL})$ ) を算出する。同様に、右バンク BR に関する指標  $X_{sR}$  から、指標  $X_{fR}$  と基準値  $X_{frR}$  との差 ( $X_{fR} - X_{frR}$ ) を減じることによって、第二の開弁特性に関する新たな指標  $X_{sR}'$  ( $= X_{sR} - (X_{fR} - X_{frR})$ ) を算出する。ここで、

差  $(X_{fL} - X_{frL})$  および差  $(X_{fR} - X_{frR})$  は絶対値ではなく、正負の符号を含んだ状態のままである。従って、差  $(X_{fL} - X_{frL})$  および差  $(X_{fR} - X_{frR})$  が正の値である場合には新たな指標  $X_{sL}'$ 、 $X_{sR}'$  は元の指標  $X_{sL}$ 、 $X_{sR}$  よりも小さくなり、差  $(X_{fL} - X_{frL})$  および差  $(X_{fR} - X_{frR})$  が負の値である場合には新たな指標  $X_{sL}'$ 、 $X_{sR}'$  は元の指標  $X_{sL}$ 、 $X_{sR}$  よりも大きくなる。このように、燃料噴射量のバラツキ分  $(X_{fL} - X_{frL} = \Delta X_{fL}$  および  $X_{fR} - X_{frR} = \Delta X_{fR})$  を補正してやることによって、燃料噴射量のバラツキの影響を含んでいない新たな指標  $X_{sL}'$ 、 $X_{sR}'$  を算出することができる。従って、新たな指標  $X_{sL}'$  は左バンク BL における開弁特性のバラツキのみの影響を表し、新たな指標  $X_{sR}'$  は右バンク BR における開弁特性のバラツキのみの影響を表すこととなる。

次いでステップ 507 においては、ステップ 504b で得られた指標  $X_{sL}$ 、 $X_{sR}$  もしくはステップ 506 で得られた新たな指標  $X_{sL}'$ 、 $X_{sR}'$  とこれら指標について予め定めたそれぞれの基準値  $X_{srL}$ 、 $X_{srR}$  との差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ）の絶対値が算出される。すなわち新たな指標  $X_{sL}'$ 、 $X_{sR}'$  が算出されなかった場合（ステップ 505 で NO 判定された場合）には指標  $X_{sL}$ 、 $X_{sR}$  とこれらの各基準値  $X_{sL}$ 、 $X_{sR}$  との差の絶対値  $(|X_{sL} - X_{srL}|, |X_{sR} - X_{srR}|)$  が算出される。そして、ステップ 506 でバンク毎の新たな指標  $X_{sL}'$ 、 $X_{sR}'$  が算出された場合には、新たな指標  $X_{sL}'$ 、 $X_{sR}'$  とこれらの各基準値  $X_{srL}$ 、 $X_{srR}$  との差の絶対値  $(|X_{sL}' - X_{srL}|, |X_{sR}' - X_{srR}|)$  が算出される。これら基準値  $X_{srL}$ 、 $X_{srR}$  は、上記基準値  $X_{frL}$ 、

$X_{s r R}$ と同様、各運転状態におけるその指標に関する正常な値もしくは目標とする値である。さらにステップ507ではこれら差の絶対値（ $|X_{s L} - X_{s r L}|$ または $|X_{s L}' - X_{s r L}|$ ならびに $|X_{s R} - X_{s r R}|$ または $|X_{s R}' - X_{s r R}|$ ）が所定の値D2よりも大きいか否かが判定される。上記ステップ507における所定の値D2はゼロより大きい値である。所定の値D2は負荷Lおよび機関回転数Nの関数としてマップの形でECU27内に記憶されている。ステップ507において、差の絶対値（ $|X_{s L} - X_{s r L}|$ または $|X_{s L}' - X_{s r L}|$ ならびに $|X_{s R} - X_{s r R}|$ または $|X_{s R}' - X_{s r R}|$ ）が所定の値D2よりも大きいと判定された場合にはステップ508に進む。一方、ステップ507において前述した差の絶対値が所定の値よりも大きくないと判定された場合には、開弁特性のバラツキが存在していないと判定されて処理を終了する。なお、所定の基準値 $X_{s r L}$ 、 $X_{s r R}$ が指標 $X_{s 1}$ から $X_{s 6}$ までの平均値 $X_{s a v g} (= \sum X_{s n} / n)$ であってもよい。

ステップ508においては、ステップ504bで得られた指標 $X_{s L}$ 、 $X_{s R}$ またはステップ506で得られた新たな指標 $X_{s L}'$ 、 $X_{s R}'$ とこれら指標について予め定めた各基準値 $X_{s r L}$ 、 $X_{s r R}$ とのバンク毎の差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ） $\Delta X_{s L} (= X_{s L} - X_{s r L}$ 、または $= X_{s L}' - X_{s r L}$ )、 $\Delta X_{s R} (= X_{s R} - X_{s r R}$ 、または $= X_{s R}' - X_{s r R}$ )が算出される。これら基準値 $X_{s r L}$ 、 $X_{s r R}$ は、上記基準値 $X_{f r L}$ 、 $X_{s r R}$ と同様、各運転状態におけるその指標に関する正常な値もしくは目標とする値である。例えば前述した第一開弁特性の場合とは異なる第二開弁特性時についての図6aに示される関係が得られたとすると、通常運転時における値、例えば $X_{A 0}$

が基準値  $X_{s r L}$ 、 $X_{s r R}$  に相当している。そしてこの  $X_{A 0}$  と各気筒における値、例えば  $X_{A 1}$  との差、例えば  $\Delta X_{A 1}$  が、偏差  $\Delta X_{s L}$ 、 $\Delta X_{s R}$  として算出される。従って、この場合には図 6 a における  $\Delta X_{A 1}$ 、 $\Delta X_{A 2}$  がステップ 508 における偏差  $\Delta X_{s L}$ 、 $\Delta X_{s R}$  に相当しうる。前述した場合と同様に、図 6 b における  $\Delta X_{B 1}$ 、 $\Delta X_{B 2}$ 、図 7 a における  $\Delta X_{C 1}$ 、 $\Delta X_{C 2}$ 、および図 7 b における  $\Delta X_{D 1}$ 、 $\Delta X_{D 2}$  も偏差  $\Delta X_{s L}$ 、 $\Delta X_{s R}$  に相当しうる。ステップ 508 により、各バンクにおける燃焼状態の指標  $X_{s L}$ 、 $X_{s R}$  または新たな指標  $X_{s L}'$ 、 $X_{s R}'$  と基準値  $X_{s r L}$ 、 $X_{s r R}$  との差  $\Delta X_{s L}$ 、 $\Delta X_{s R}$  が得られ、処理を終了する。前述したように第二の開弁特性時の指標  $X_{s L}$ 、 $X_{s R}$  においては、燃料噴射量のバラツキと開弁特性のバラツキとが混在しうるが、本発明においては燃料噴射量のバラツキが存在する場合にはこれを補正している（指標  $X_{s L}$ 、 $X_{s L}'$  から差（ $X_{f L} - X_{f r L}$ ）を減算すると共に、指標  $X_{s R}$ 、 $X_{s R}'$  から差（ $X_{f R} - X_{f r R}$ ）を減算）ので、偏差  $\Delta X_{s L}$ 、 $\Delta X_{s R}$  を算出することによって開弁特性のバラツキのみを算出することができる。

このように、本発明においては第二の開弁特性時における偏差だけでなく、第一の開弁特性時における偏差をも考慮している。このように、異なる二つの開弁特性における燃焼状態の指標から各バンクにおける偏差を算出し、これら偏差を用いて補正することにより、バンク間バラツキを正確に検出することが可能となる。特に、第二の開弁特性時における偏差  $\Delta X_{s n}$  の実測値がゼロに近い場合には、開弁特性のバラツキが検出されない可能性があったが、本発明においてはこのような場合であっても開弁特性バラツキの発生の有無を正確に検出することが可能となる。

ところで、バンク B L における偏差  $\Delta X_{s L}$ 、右バンク B R にお



ける偏差 $\Delta X_s R$ が算出された後においては、これら偏差 $\Delta X_s L$ 、偏差 $\Delta X_s R$ が排除されるように各バンクについての開弁特性制御装置57L、開弁特性制御装置57R（図16を参照されたい）の調整を行うことが好ましい。

図21は、図15および図16に示される内燃機関の場合におけるバンク間のバラツキを排除するために行われる動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。以下、図21を参照しつつ、開弁特性制御装置57L、57Rを調整することによりバンク間の開弁特性のバラツキに関する偏差 $\Delta X_s L$ 、偏差 $\Delta X_s R$ を排除することについて説明する。図21に示されるプログラム600のステップ601においては、左バンクBLの偏差 $\Delta X_s L$ および右バンクBRの偏差 $\Delta X_s R$ の両方を取得する。これら偏差 $\Delta X_s L$ および偏差 $\Delta X_s R$ は、図17に示されるプログラム300のステップ309または図19および図20に示されるプログラム500のステップ508のいずれかから得られてECU27に記憶されているものとする。従って、ステップ601においては、これら偏差 $\Delta X_s L$ 、 $\Delta X_s R$ をECU27から取得する。

次いで、ステップ602において、偏差 $\Delta X_s L$ が所定の値 $\Delta X_{sL0}$ よりも大きいかな否か、および偏差 $\Delta X_s R$ が所定の値 $\Delta X_{sR0}$ よりも大きいかな否かが判定される。所定の値 $\Delta X_{sL0}$ 、 $\Delta X_{sR0}$ は実験などにより予め定められた、零に近い値であって、ECU27のROMまたはRAMに予め組み入れられているものとする。偏差 $\Delta X_s L$ が所定の値 $\Delta X_{sL0}$ よりも大きくなくて、なおかつ偏差 $\Delta X_s R$ が所定の値 $\Delta X_{sR0}$ よりも大きくない場合には、開弁特性のバラツキがわずかながら存在するものの無視できる程度であると判断して処理を終了する。一方、偏差 $\Delta X_s L$ が所定の値 $\Delta X_{sL0}$ よりも大きいこと、および偏差 $\Delta X_s R$ が所定の値 $\Delta$

$XsR0$  よりも大きいことのうちの少なくとも一方が成立する場合には、ステップ 603 に進む。ステップ 603 においては、左バンク BL の偏差  $\Delta XsL$  が右バンク BR の偏差  $\Delta XsR$  よりも大きいかが判定される。偏差  $\Delta XsL$  が偏差  $\Delta XsR$  よりも大きい場合にはステップ 604 に進み、偏差  $\Delta XsL$  が偏差  $\Delta XsR$  よりも小さい場合にはステップ 605 に進む。

ステップ 604 においては、左バンク BL における気筒の吸気弁 9 に関する開弁特性制御装置 57L の目標開弁特性補正学習値  $V_L$  から所定の値  $\alpha$  を減算することにより、これを新たな目標開弁特性補正学習値  $V_L$  とする。そして、右バンク BR における気筒の吸気弁に関する開弁特性制御装置 57R の目標開弁特性補正学習値  $V_R$  に所定の値  $\beta$  を加算することにより、これを新たな目標開弁特性補正学習値  $V_R$  とする。所定の値  $\alpha$ 、 $\beta$  はそれぞれ零よりも大きい微小な値であり、ECU 27 に予め組み込まれているものとする。これら所定の値  $\alpha$ 、 $\beta$  は互いに等しい値であってもよい。

一方、ステップ 605 に進む場合には、ステップ 604 の場合とは反対に、左バンク BL における開弁特性制御装置 57L の目標開弁特性補正学習値  $V_L$  に所定の値  $\alpha$  を加算することにより、これを新たな目標開弁特性補正学習値  $V_L$  とする。そして、右バンク BR における開弁特性制御装置 57R の目標開弁特性補正学習値  $V_R$  から所定の値  $\beta$  を減算することにより、これを新たな目標開弁特性補正学習値  $V_R$  とする。

なお、ステップ 604 およびステップ 605 における所定の値  $\alpha$ 、 $\beta$  は、目標開弁特性補正学習値  $V_L$ 、 $V_R$  とこれら所定の値とのそれぞれの差 ( $V_L - \alpha$ 、 $V_R - \beta$ ) が零以上となるような値である。

次いで、ステップ 606 においては、ステップ 604 またはステ

ステップ 605 で得られた新たな目標開弁特性補正学習値  $V_L$  を予め定められたベース目標値  $V_{L0}$  に加算して、これを左バンク  $B_L$  の開弁特性制御装置 57L に関する新たな開弁特性目標値とする。右バンク  $B_R$  についても同様に、ステップ 604 またはステップ 605 で得られた新たな目標開弁特性補正学習値  $V_R$  を予め定められたベース目標値  $V_{R0}$  に加算して、これを右バンク  $B_R$  の開弁特性制御装置 57R に関する新たな開弁特性目標値とする。そして、再びステップ 601 に戻り、これら一連の処理を繰り返し行うことによって目標開弁特性補正学習値  $V_L$  と目標開弁特性補正学習値  $V_R$  とを次第に等しい値に近付ける。その結果、左バンク  $B_L$  の偏差  $\Delta X_{sL}$  と右バンク  $B_R$  の偏差  $\Delta X_{sR}$  とが排除、すなわち左バンク  $B_L$  と右バンク  $B_R$  との間の開弁特性のバラツキが排除されるようになる。このようにプログラム 600 においては、燃料噴射量バラツキを含まないように検出された気筒間の開弁特性バラツキの分だけ開弁特性を変更しているので、より精密な制御が可能となり、それにより、このような内燃機関を搭載した自動車のドラビリおよび排気系におけるエミッションへの悪影響を回避することが可能となる。

なお、図 21 に示されるプログラム 600 においては微小な値  $\alpha$ 、 $\beta$  を繰り返し減算および／または加算することによって偏差  $\Delta X_{sL}$  および偏差  $\Delta X_{sR}$  を排除するようにしている。しかしながら、ステップ 604 およびステップ 605 において、偏差  $\Delta X_{sL}$  と偏差  $\Delta X_{sR}$  との間の差分の半分の値 ( $= (\Delta X_{sL} - \Delta X_{sR}) / 2$ ) を所定の値  $\alpha$ 、 $\beta$  として使用するようにしてもよい。この場合には、微小な値  $\alpha$ 、 $\beta$  を用いて処理を繰り返し行う場合よりも、目標開弁特性補正学習値  $V_L$  と目標開弁特性補正学習値  $V_R$  とを直接的に等しくし、バンク間バラツキを排除するのに要する時間を短くすることが可能となる。

ところで、図 1 および図 2 に示される内燃機関 1 に含まれる第一気筒 # 1 から第四気筒 # 4 は共通でかつ単一の開弁特性制御装置 5 7 によって開弁特性が制御されるようになっているが、内燃機関が複数の気筒のそれぞれに対応した複数の開弁特性制御装置 5 7 を備えていて、各気筒の吸気弁に関する開弁特性を個別に制御できる場合もありうる。このような内燃機関（図示しない）においても、図 2 1 に示されるプログラム 6 0 0 と同様の制御を行うことが可能である。

以下、例えば四気筒内燃機関であって各気筒に関する開弁特性制御装置が備えられている内燃機関における制御について説明する。図示しないこの内燃機関は、四つの開弁特性制御装置 5 7（# 1）～5 7（# 4）（図示しない）を備えており、これら開弁特性制御装置 5 7（# 1）～5 7（# 4）のそれぞれは第一気筒 # 1 から第四気筒 # 4（いずれも図示しない）のそれぞれの開弁特性を制御できるものとする。図 2 2 は、四気筒内燃機関であって各気筒について開弁特性制御装置が備えられている場合における気筒間バラツキを排除するために行われる動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。図 2 2 に示されるプログラム 7 0 0 においては、四つの気筒のうちの二つの気筒、ここでは第一気筒 # 1 と第二気筒 # 2 とについての制御を行うものとする。

図 2 2 に示されるプログラム 7 0 0 のステップ 7 0 1 においては、第一気筒 # 1 に関する偏差  $\Delta X s 1$  および第二気筒 # 2 に関する偏差  $\Delta X s 2$  をそれぞれ取得する。これら偏差  $\Delta X s 1$ 、 $\Delta X s 2$  は、図 5 に示されるプログラム 1 0 0 のステップ 1 0 8 から求められるものとする。

次いで、ステップ 7 0 2 において、偏差  $\Delta X s 1$  が所定の値  $\Delta X s 1 0$  よりも大きいかな否か、および偏差  $\Delta X s 2$  が所定の値  $\Delta X s$

20よりも大きいか否かが判定される。所定の値 $\Delta X_{s10}$ 、 $\Delta X_{s20}$ は実験などにより予め定められた、零に近い値であって、ECU27のROMまたはRAMに予め組み入れられているものとする。偏差 $\Delta X_{s1}$ が所定の値 $\Delta X_{s10}$ よりも大きくなって、なおかつ偏差 $\Delta X_{s2}$ が所定の値 $\Delta X_{s20}$ よりも大きくない場合には、開弁特性のバラツキがわずかながら存在するものの無視できる程度であると判断して処理を終了する。一方、偏差 $\Delta X_{s1}$ が所定の値 $\Delta X_{s10}$ よりも大きいこと、および偏差 $\Delta X_{s2}$ が所定の値 $\Delta X_{s20}$ よりも大きいことのうちの少なくとも一方が成立する場合には、ステップ703に進む。ステップ703においては、第一気筒#1の偏差 $\Delta X_{s1}$ が第二気筒#2の偏差 $\Delta X_{s2}$ よりも大きいか否かが判定される。偏差 $\Delta X_{s1}$ が偏差 $\Delta X_{s2}$ よりも大きい場合にはステップ704に進み、偏差 $\Delta X_{s1}$ が偏差 $\Delta X_{s2}$ よりも小さい場合にはステップ705に進む。

ステップ704においては、第一気筒#1の吸気弁9に関する開弁特性制御装置57(#1)の目標開弁特性補正学習値V1から所定の値 $\alpha$ を減算することにより、これを新たな目標開弁特性補正学習値V1とする。そして、第二気筒#2の吸気弁に関する開弁特性制御装置57(#2)の目標開弁特性補正学習値V2に所定の値 $\beta$ を加算することにより、これを新たな目標開弁特性補正学習値V2とする。所定の値 $\alpha$ 、 $\beta$ はそれぞれ零よりも大きい微小な値であり、ECU27に予め組み込まれているものとする。これら所定の値 $\alpha$ 、 $\beta$ は互いに等しい値であってもよい。

一方、ステップ705に進む場合には、ステップ704の場合とは反対に、第一気筒#1における開弁特性制御装置57(#1)の目標開弁特性補正学習値V1に所定の値 $\alpha$ を加算することにより、これを新たな目標開弁特性補正学習値V1とする。そして、第二気

筒 # 2 における開弁特性制御装置 5 7 ( # 2 ) の目標開弁特性補正学習値  $V_2$  から所定の値  $\beta$  を減算することにより、これを新たな目標開弁特性補正学習値  $V_2$  とする。

なお、ステップ 7 0 4 およびステップ 7 0 5 における所定の値  $\alpha$ 、 $\beta$  は、目標開弁特性補正学習値  $V_1$ 、 $V_2$  とこれら所定の値  $\alpha$ 、 $\beta$  とのそれぞれの差 ( $V_1 - \alpha$ 、 $V_2 - \beta$ ) が零以上となるような値である。

次いで、ステップ 7 0 6 においては、ステップ 7 0 4 またはステップ 7 0 5 で得られた新たな目標開弁特性補正学習値  $V_1$  を予め定められたベース目標値  $V_{10}$  に加算して、これを第一気筒 # 1 の開弁特性制御装置 5 7 ( # 1 ) に関する新たな開弁特性目標値とする。第二気筒 # 2 についても同様に、ステップ 7 0 4 またはステップ 7 0 5 で得られた新たな目標開弁特性補正学習値  $V_2$  を予め定められたベース目標値  $V_{20}$  に加算して、これを第二気筒 # 2 の開弁特性制御装置 5 7 ( # 2 ) に関する新たな開弁特性目標値とする。そして、再びステップ 7 0 1 に戻り、これら一連の処理を繰り返し行うことによって目標開弁特性補正学習値  $V_1$  と目標開弁特性補正学習値  $V_2$  とを次第に等しい値に近付ける。その結果、第一気筒 # 1 の偏差  $\Delta X_{s1}$  と第二気筒 # 2 の偏差  $\Delta X_{s2}$  とが排除、すなわち第一気筒 # 1 と第二気筒 # 2 との間の開弁特性のバラツキが排除されるようになる。次いで、第一気筒 # 1 の偏差  $\Delta X_{s1}$  と第三気筒の偏差  $\Delta X_{s3}$  とに関してプログラム 7 0 0 と同様な処理を行う。次いで、第一気筒 # 1 の偏差  $\Delta X_{s1}$  と第四気筒 # 4 の偏差  $\Delta X_{s4}$  についても関しプログラム 7 0 0 と同様な処理を行う。これにより、内燃機関の全ての気筒間における開弁特性のバラツキを排除することができる。このようにプログラム 7 0 0 においては、燃料噴射量バラツキを含まないように検出された気筒間の開弁特性バラツ

キの分だけ開弁特性を変更しているので、より精密な制御が可能となり、それにより、このような内燃機関を搭載した自動車のドラビリおよび排気系におけるエミッションへの悪影響を回避することが可能となる。

また、当然のことながら、ステップ 704 およびステップ 705 において所定の値  $\alpha$ 、 $\beta$  として、偏差  $\Delta X_{s1}$  と偏差  $\Delta X_{s2}$  との間の差分の半分の値 ( $= (\Delta X_{s1} - \Delta X_{s2}) / 2$ ) を使用するようにしてもよい。

なお、本発明においては特定の実施形態に基づいて詳細に説明しているが、当業者であれば、本発明の範囲および思想から逸脱することなしに、種々の変更および修正を行うことが可能である。また、前述した実施形態のうちのいくつかを適宜組み合わせることは本発明の範囲に含まれる。

## 請 求 の 範 囲

1. 吸気弁の作用角またはリフト量を変化させる開弁特性設定手段を具備し、該開弁特性設定手段は第一の開弁特性と該第一の開弁特性時よりも作用角またはリフト量が小さい第二の開弁特性とを設定できるようになっており、

さらに、

前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時と第二の開弁特性時とにおいて各気筒内の燃焼状態の指標を検出すると共にこれらの指標と基準値との偏差を気筒別に算出する算出手段と、

前記算出手段により算出された第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差と第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差とを用いて気筒間のバラツキを検出する検出手段とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

2. 吸気弁の作用角またはリフト量を変化させる開弁特性設定手段を具備し、該開弁特性設定手段は第一の開弁特性と該第一の開弁特性時よりも作用角またはリフト量が小さい第二の開弁特性とを設定できるようになっており、

さらに、

前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時と第二の開弁特性時とにおいて各気筒内の燃焼状態の指標を検出すると共にこれら指標と燃焼状態の指標の平均値との偏差を気筒別に算出する算出手段と、

前記算出手段により算出された第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差と第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差とを用いて気筒間のバラツキを検出する検出手段とを具備する内燃機関の気筒間



バラツキ検出装置。

3. 前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて燃料噴射量のバラツキを検出し、

前記第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて開弁特性のバラツキを検出することを特徴とする請求項1または2に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

4. 前記開弁特性設定手段によって設定される第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて開弁特性のバラツキを検出する際に、第一の開弁特性時に検出された各気筒毎の燃料噴射量のバラツキ量を補正することを特徴とする請求項3に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

5. 前記検出装置にて気筒間のバラツキを検出する場合には、前記開弁特性設定手段によって設定される第一および第二の開弁特性時の運転条件が同じになるように制御されることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

6. 前記運転条件は回転数およびトルクである請求項5に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

7. 前記検出装置にて気筒間のバラツキを検出する場合は内燃機関のアイドル状態にて実施することを特徴とする請求項5または6に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

8. 前記燃焼状態の指標は、内燃機関の空燃比、回転変動および燃焼圧のうちの少なくとも一つを含む請求項1または2に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

9. 前記検出手段により検出された気筒間のバラツキが排除されるように、前記吸気弁の開弁特性を変更するようにした請求項1または2に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

10. 吸気弁の開弁特性を変化させる開弁特性設定手段と、

該開弁特性設定手段により設定される第一の開弁特性時および該第一の開弁特性よりも小さい第二の開弁特性時における前記各気筒毎の燃焼状態の指標を検出する指標検出手段と、

前記第一の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標を用いて前記各気筒毎の燃料噴射量バラツキを検出する燃料噴射量バラツキ検出手段と、

前記第二の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標と前記燃料噴射量バラツキ検出手段により検出された燃料噴射量バラツキとを用いて前記各気筒毎の開弁特性バラツキを検出する開弁特性バラツキ検出手段とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

11. 前記開弁特性設定手段は各気筒毎に吸気弁の開弁特性を変化させられ、

前記開弁特性バラツキ検出手段により検出された前記各気筒毎の開弁特性バラツキが排除されるように、前記開弁特性設定手段によって前記各気筒毎の前記吸気弁の開弁特性を変更するようにした請求項10に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

12. 前記燃焼状態の指標は、内燃機関の空燃比、回転変動および燃焼圧のうちの少なくとも一つを含む請求項10または11に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

13. 各バンク毎に吸気弁の開弁特性を変化させる開弁特性設定手段と、

該開弁特性設定手段により設定される第一の開弁特性時および該第一の開弁特性よりも小さい第二の開弁特性時における前記各気筒毎の燃焼状態の指標を検出する指標検出手段と、

前記第一の開弁特性時において前記指標検出手段により検出され

た前記燃焼状態の指標を用いて前記各気筒毎の燃料噴射量バラツキを検出する燃料噴射量バラツキ検出手段と、

前記第二の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標と前記燃料噴射量バラツキ検出手段により検出された燃料噴射量バラツキとを用いて前記各気筒毎の開弁特性バラツキを検出し、これら気筒毎の開弁特性バラツキをバンク毎に平均化处理することによりバンク毎の開弁特性バラツキを検出する開弁特性バラツキ検出手段とを具備する内燃機関のバンク間バラツキ検出装置。

14. 各バンク毎に吸気弁の開弁特性を変化させる開弁特性設定手段と、

該開弁特性設定手段により設定される第一の開弁特性時および該第一の開弁特性よりも小さい第二の開弁特性時における前記各バンク毎の燃焼状態の指標を検出する指標検出手段と、

前記第一の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標を用いて前記各バンク毎の燃料噴射量バラツキを検出する燃料噴射量バラツキ検出手段と、

前記第二の開弁特性時において前記指標検出手段により検出された前記燃焼状態の指標と前記燃料噴射量バラツキ検出手段により検出された燃料噴射量バラツキとを用いて前記各バンク毎の開弁特性バラツキを検出する開弁特性バラツキ検出手段とを具備する内燃機関のバンク間バラツキ検出装置。

15. 前記開弁特性バラツキ検出手段により検出された前記各バンク毎の開弁特性バラツキが排除されるように、前記開弁特性設定手段によって前記各バンク毎の前記吸気弁の開弁特性を変更するようにした請求項13または14に記載の内燃機関のバンク間バラツキ検出装置。

16. 前記燃焼状態の指標は、内燃機関の空燃比、回転変動および燃焼圧のうちの少なくとも一つを含む請求項13または14に記載の内燃機関のバンク間バラツキ検出装置。



Fig.2

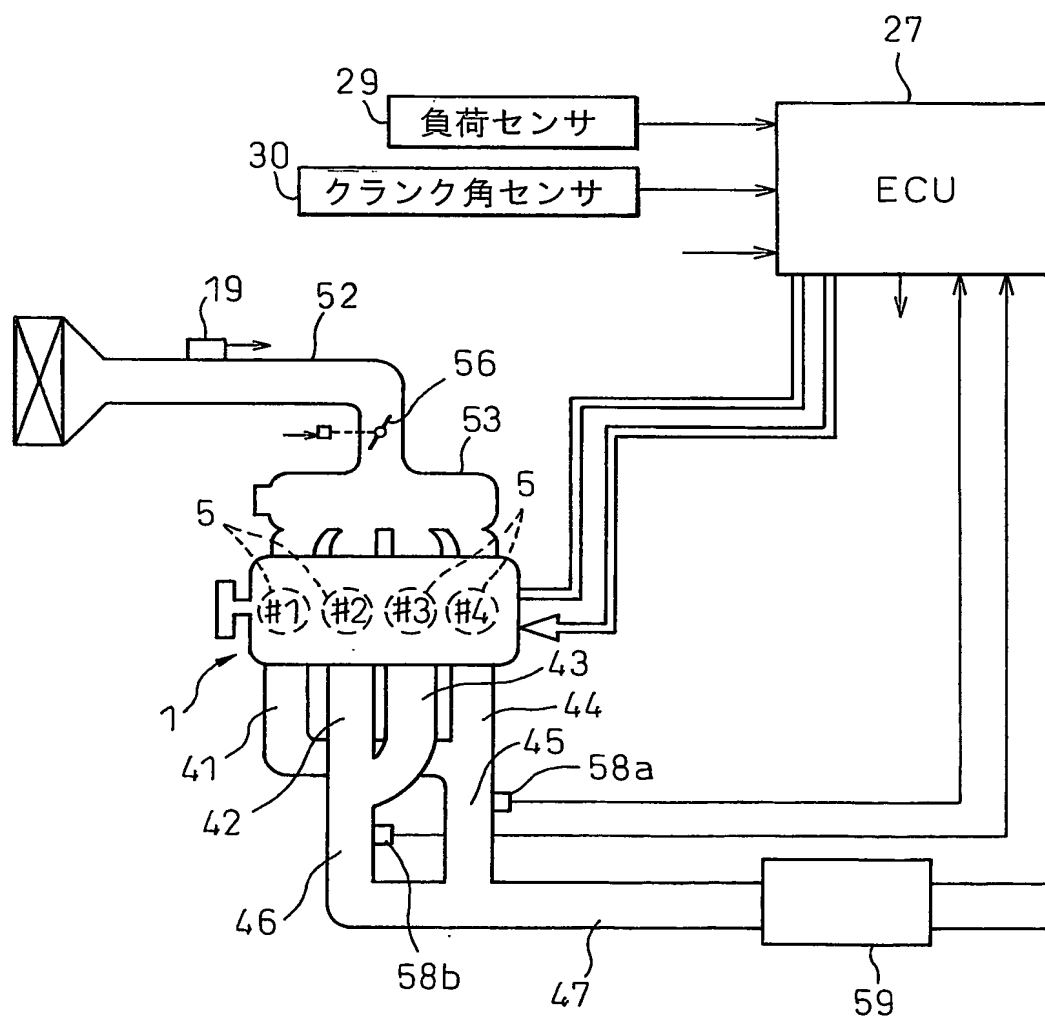


Fig.3

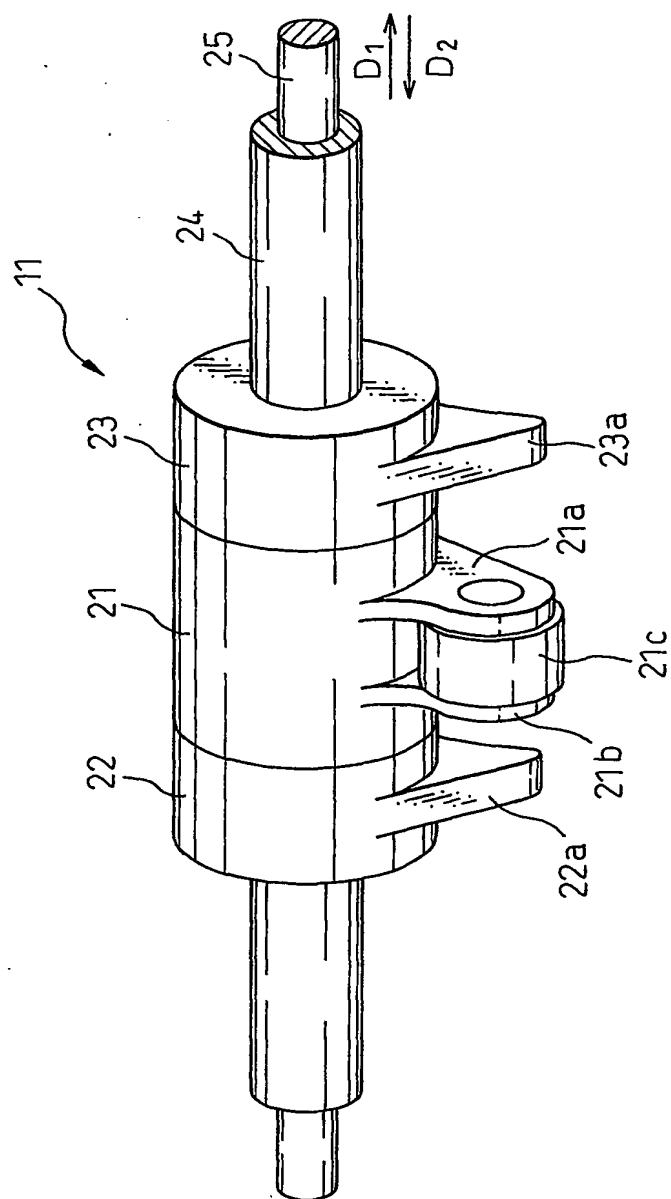


Fig.4

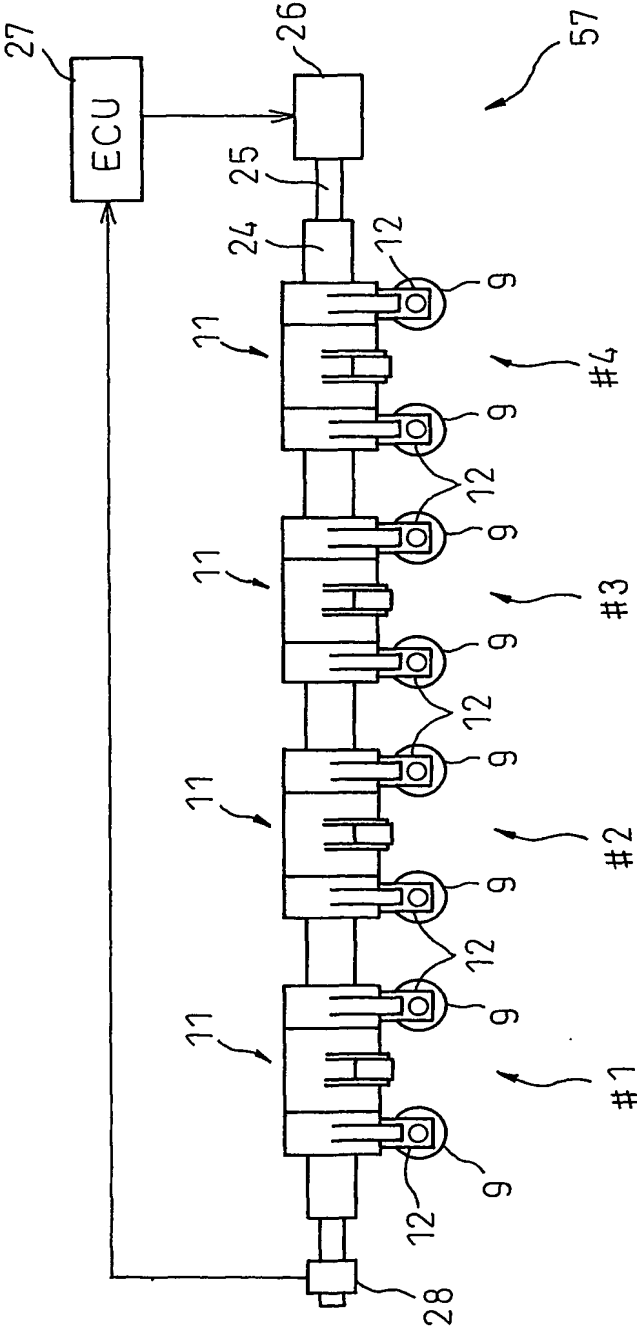




Fig.5

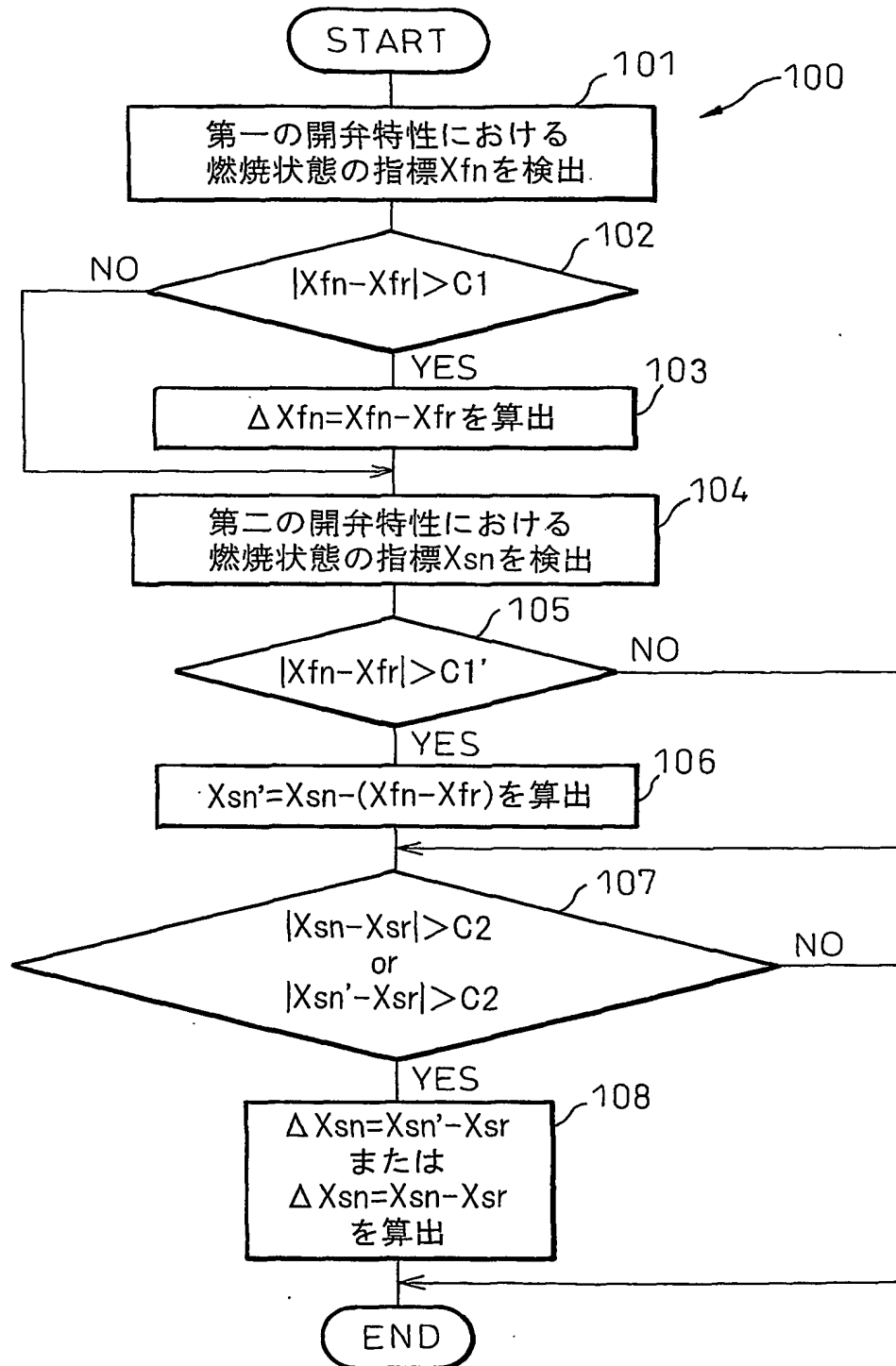


Fig.6a

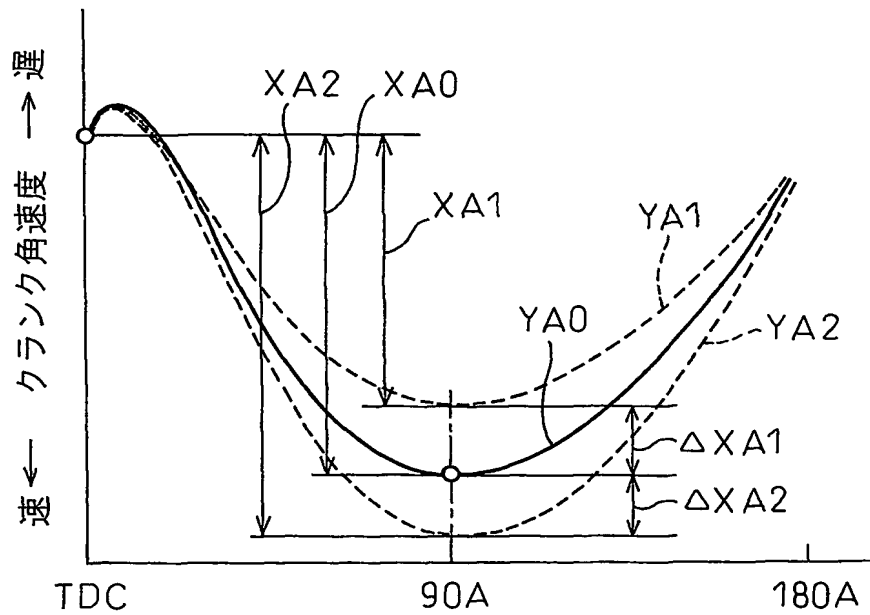


Fig.6b

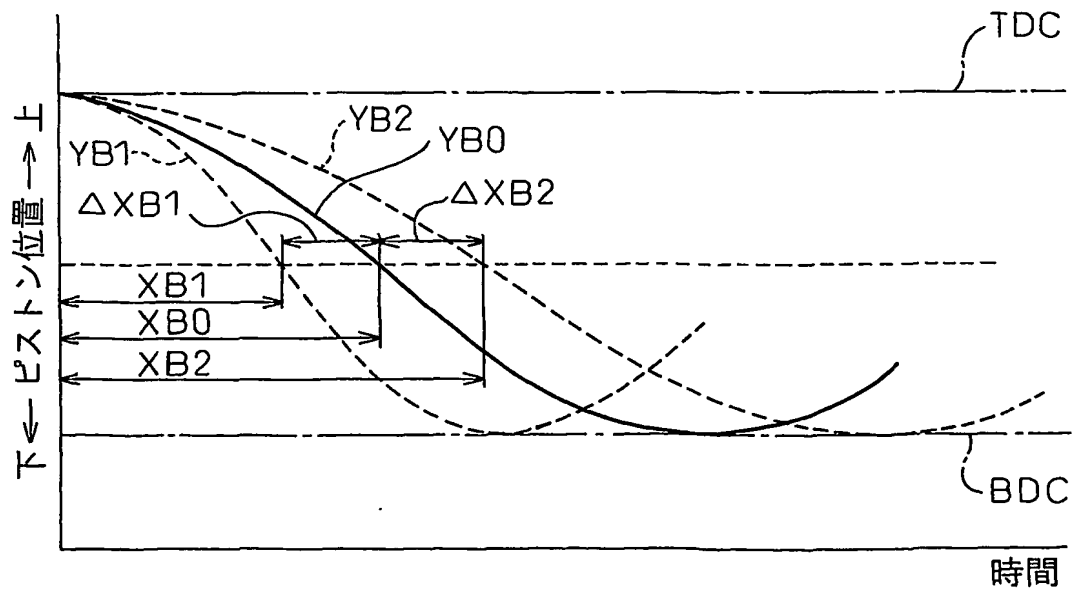


Fig.7a

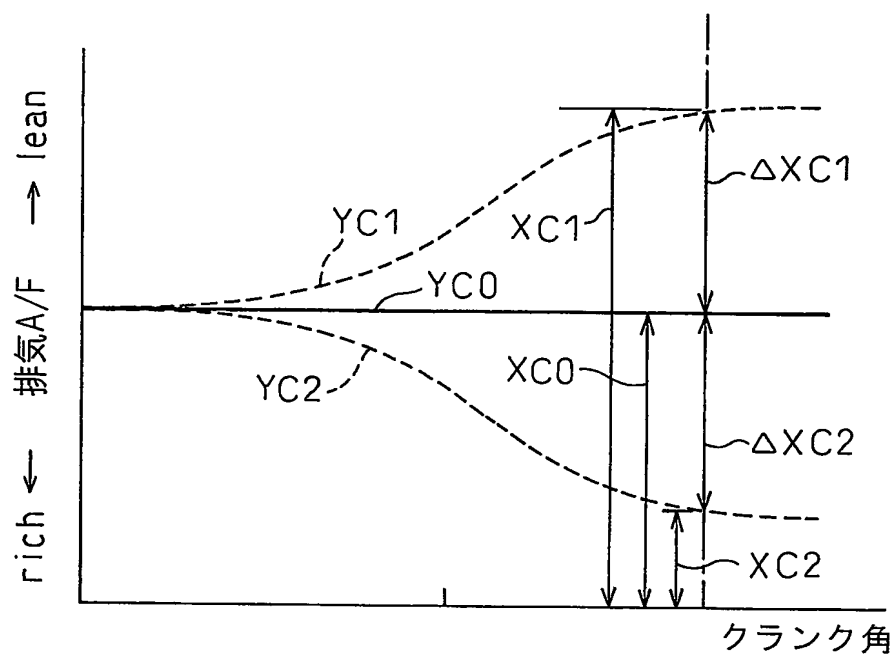


Fig.7b

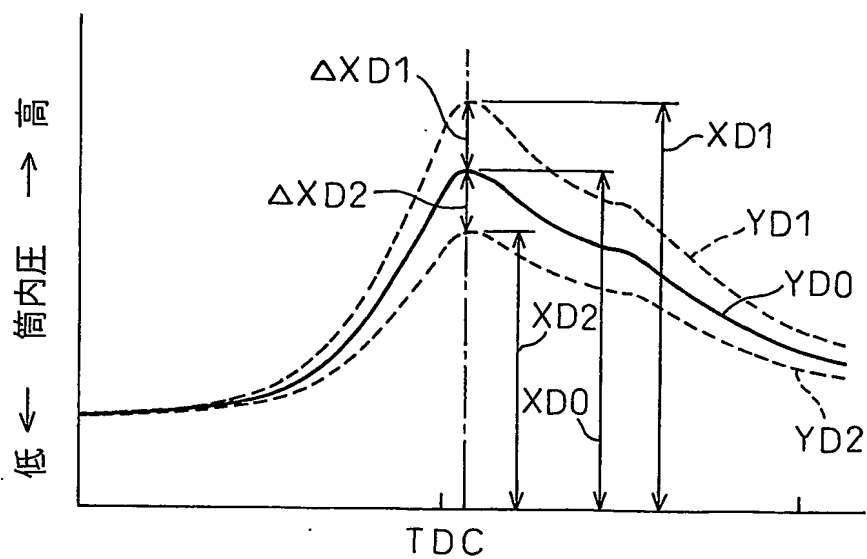


Fig. 8a

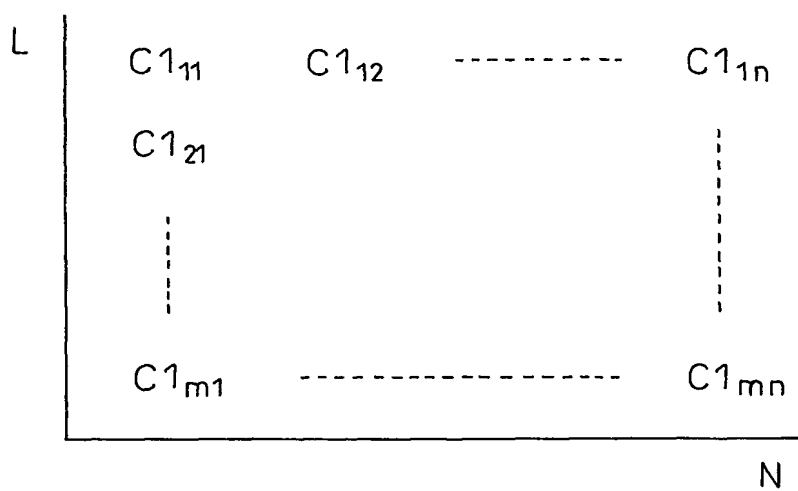


Fig. 8b

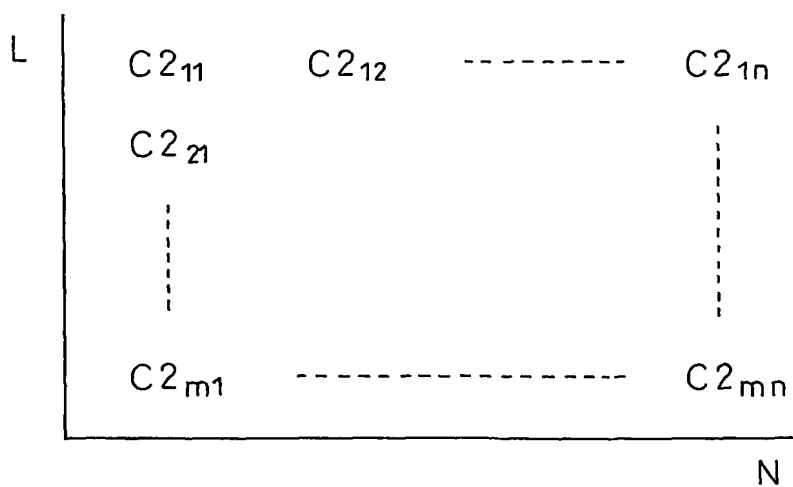


Fig.9a

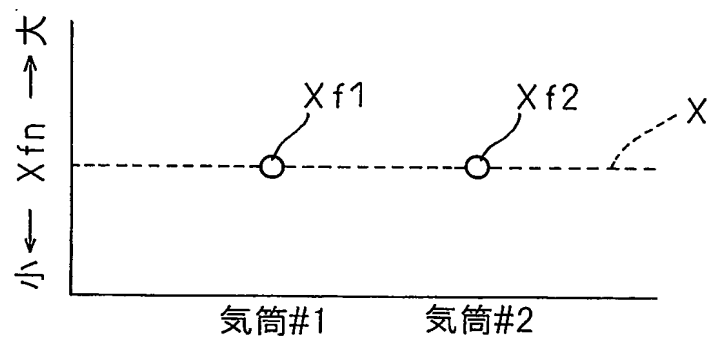


Fig.9b

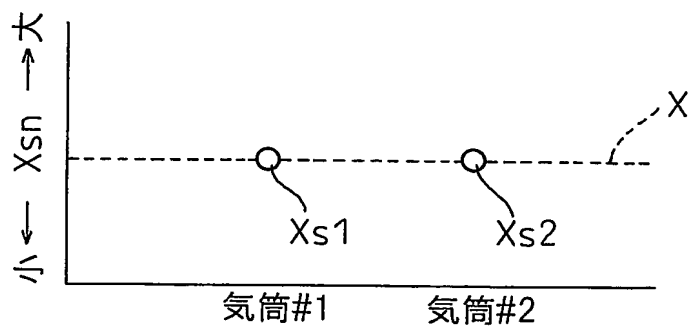


Fig.10a

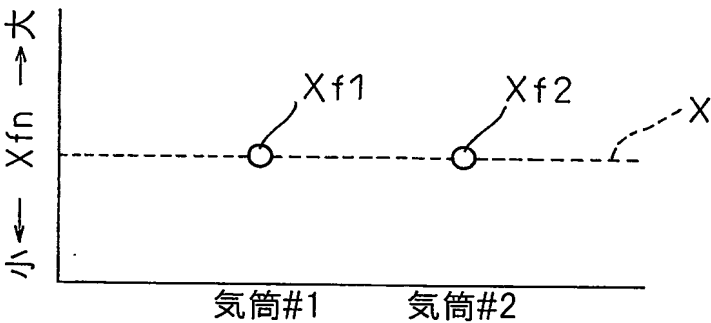


Fig.10b

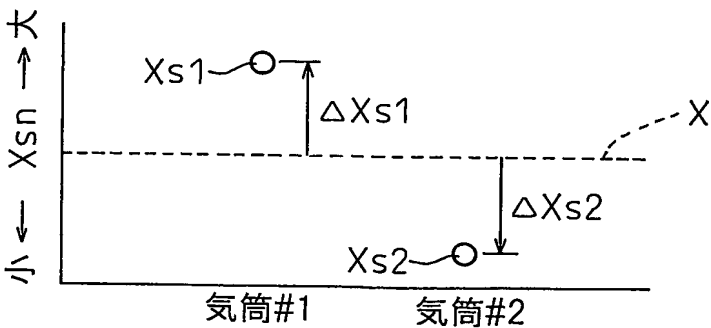


Fig.11

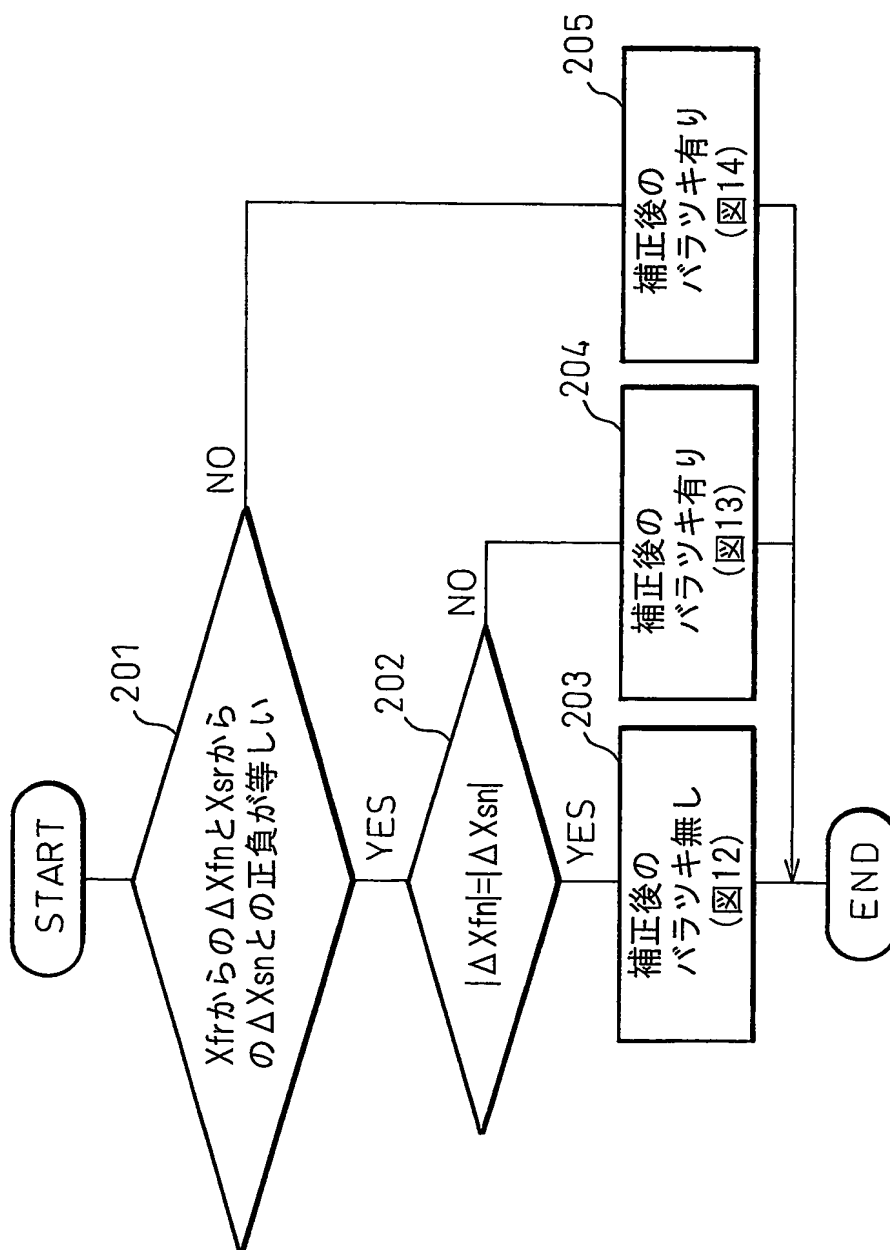


Fig.12a

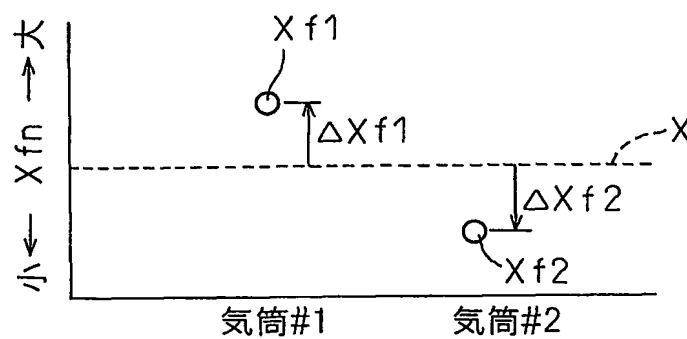


Fig.12b

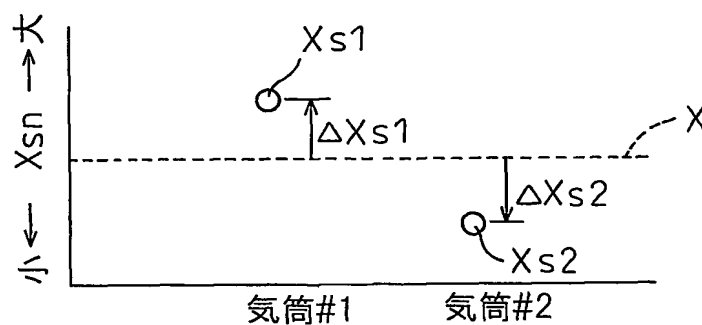


Fig.12c

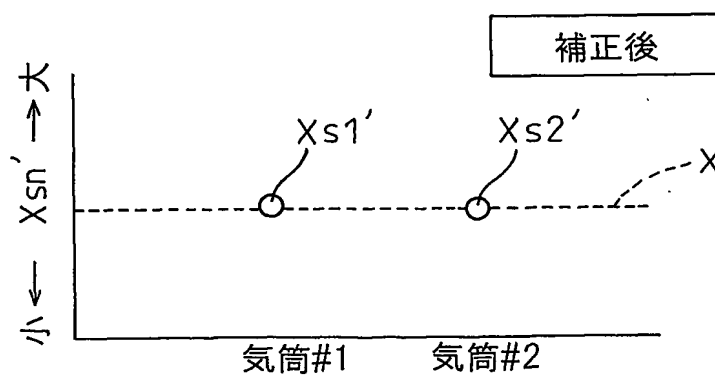




Fig.13a

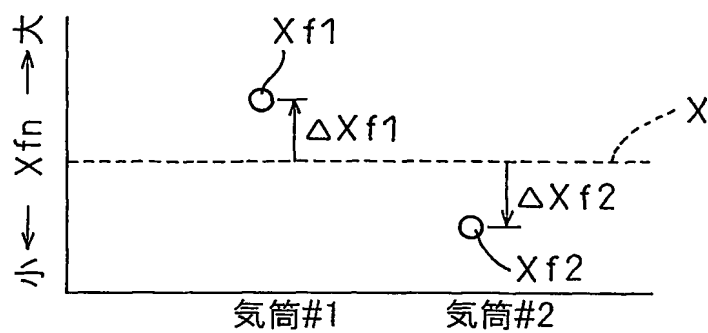


Fig.13b

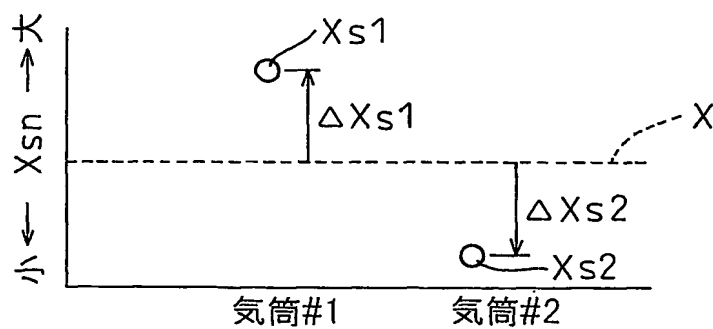


Fig.13c

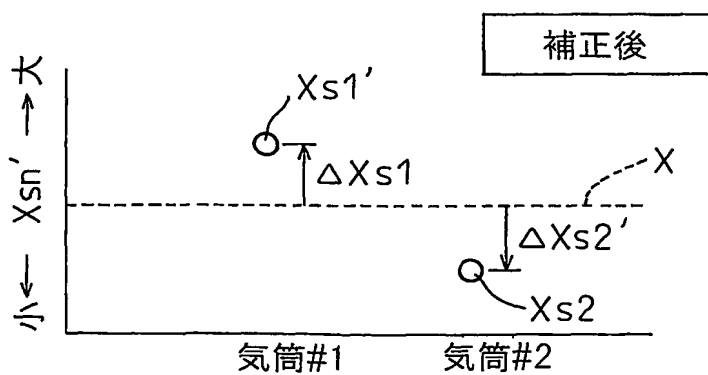


Fig.14a

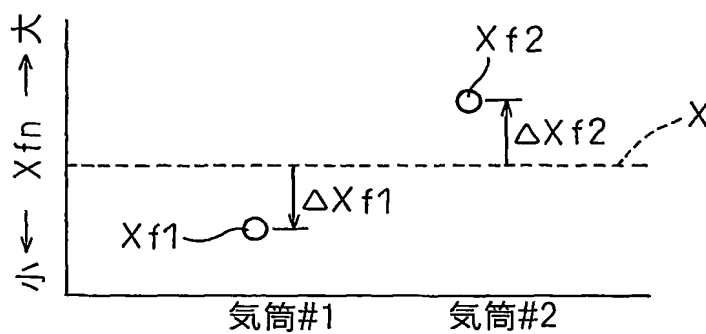


Fig.14b

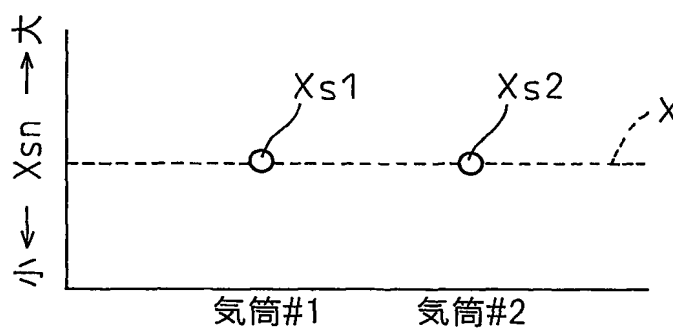


Fig.14c

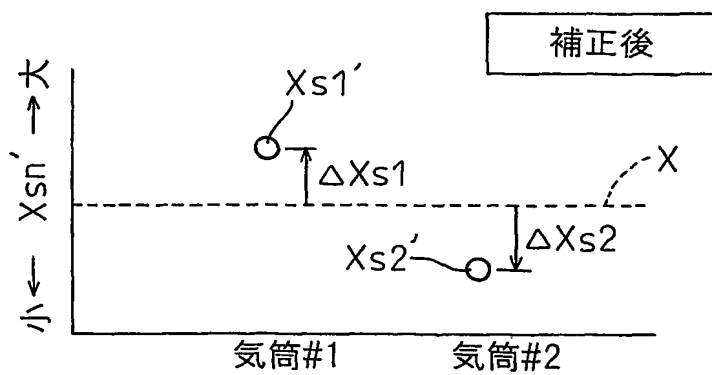


Fig.15

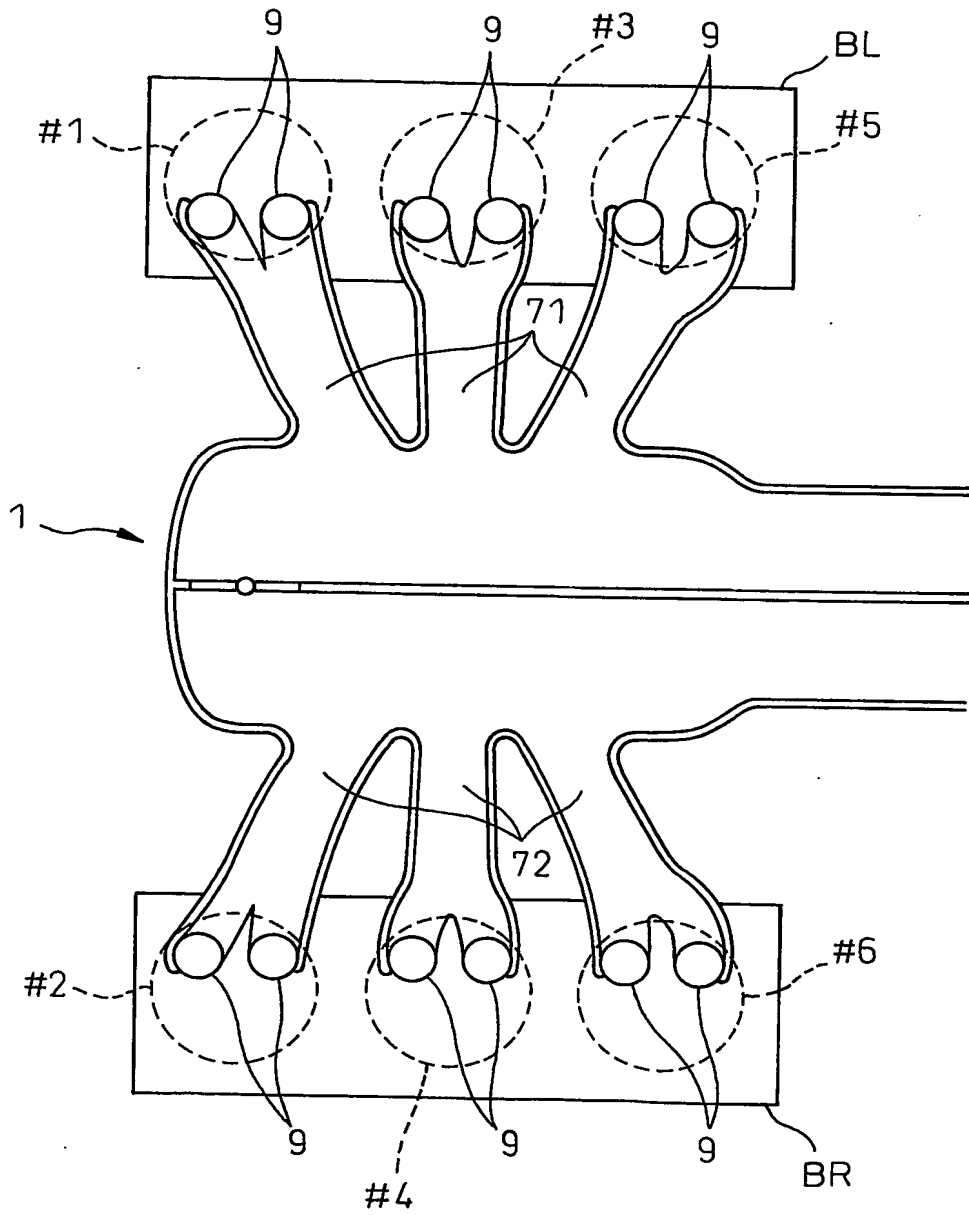


Fig.16

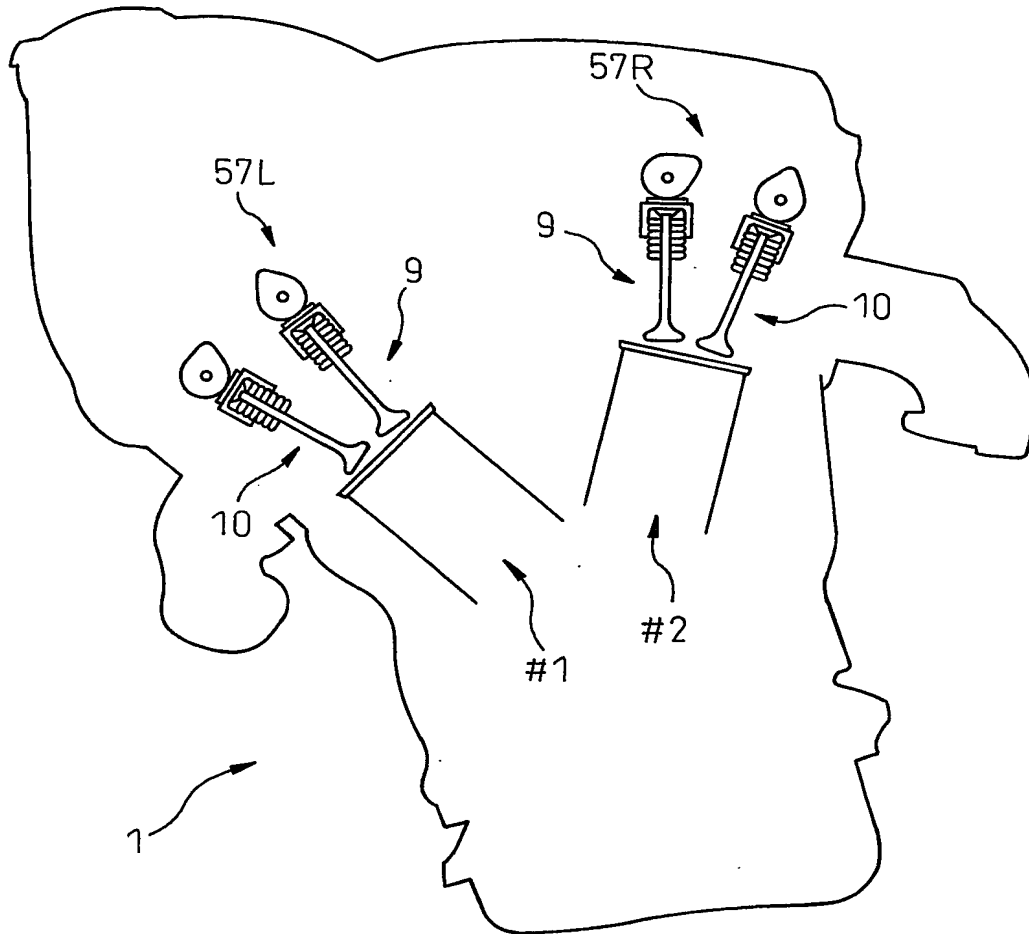


Fig.17

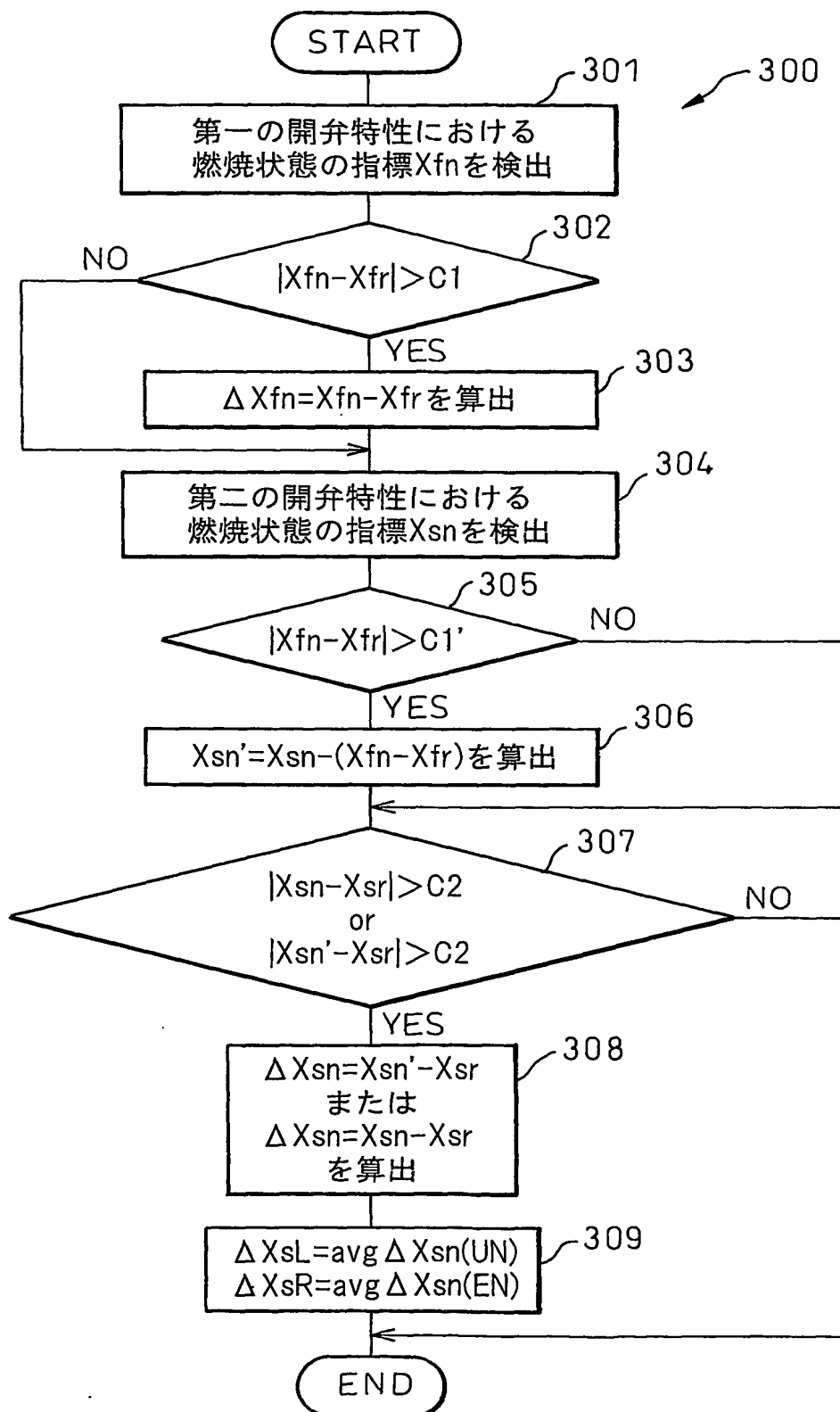


Fig.18a

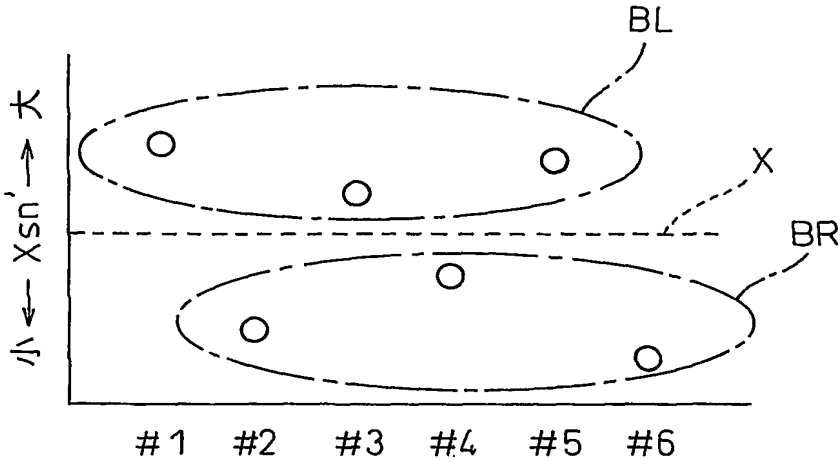


Fig.18b

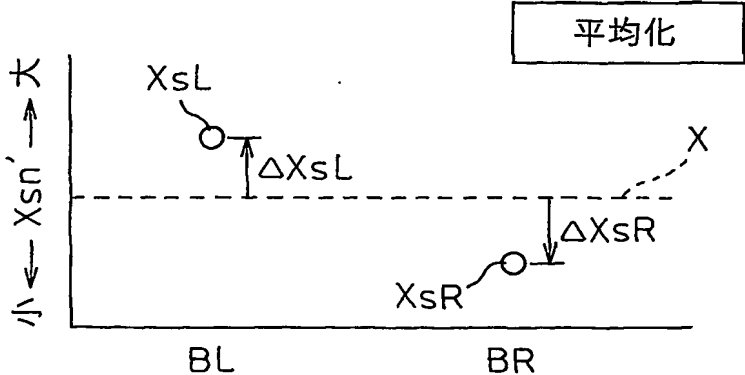


Fig.19

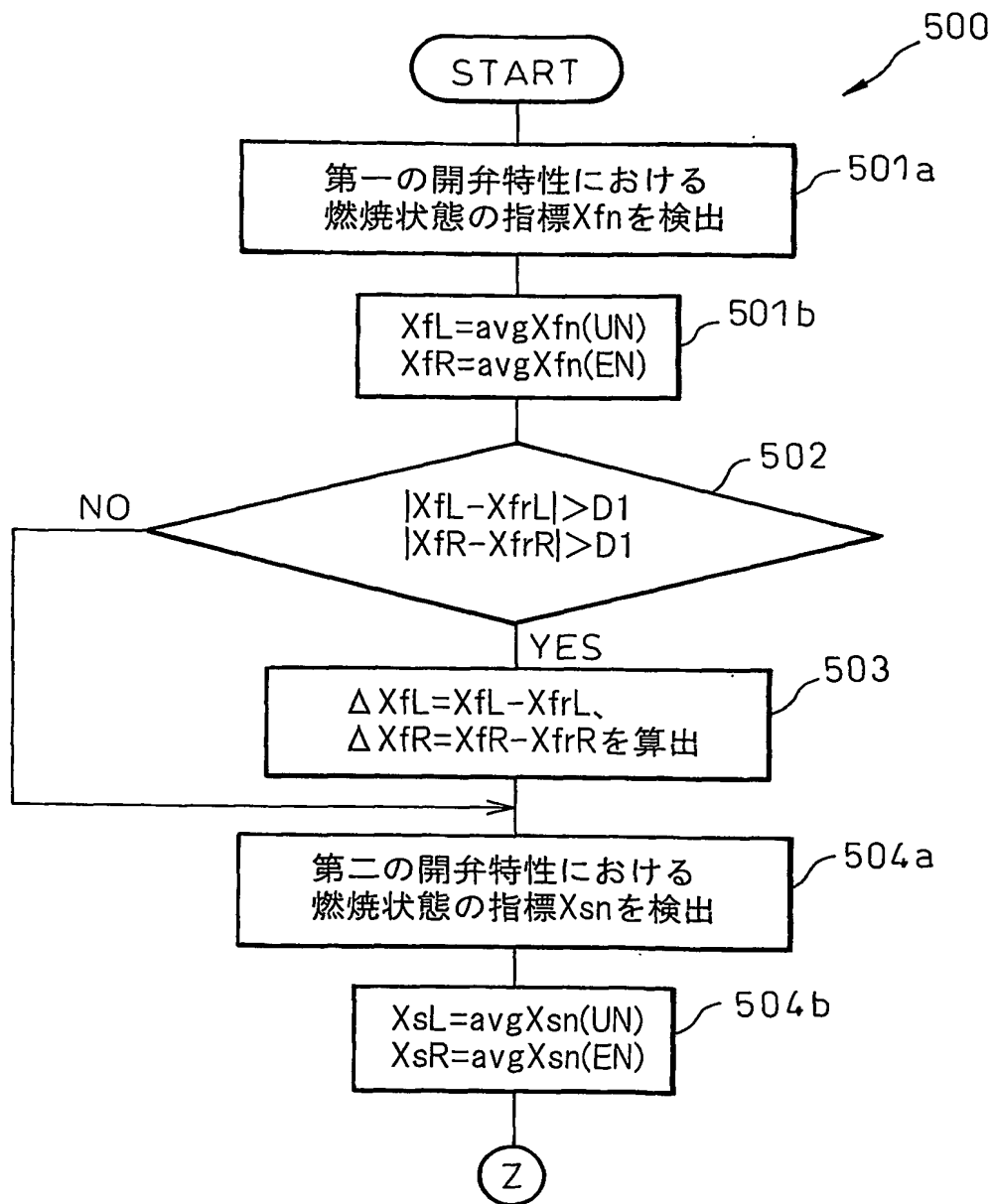


Fig.20

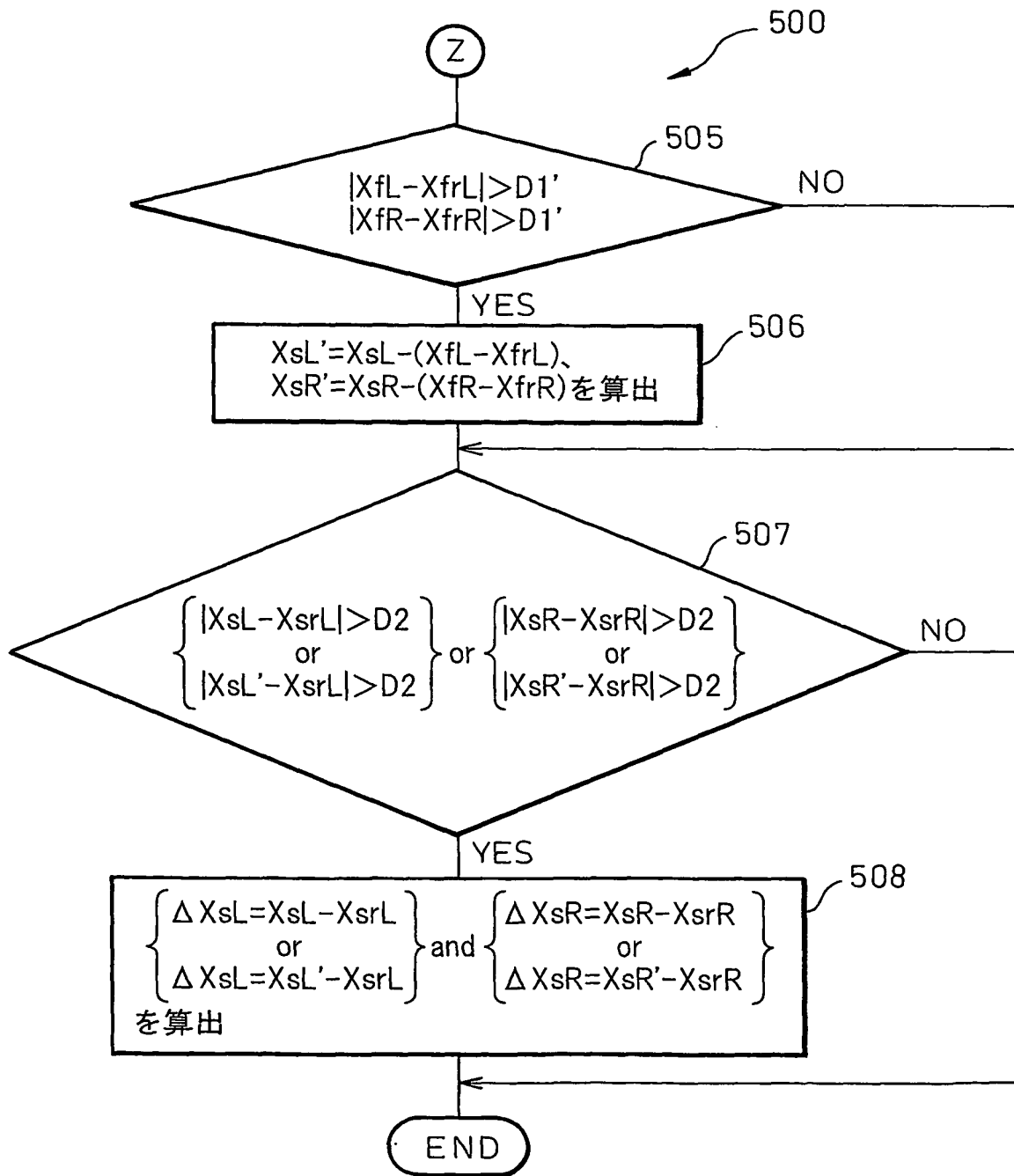




Fig.21

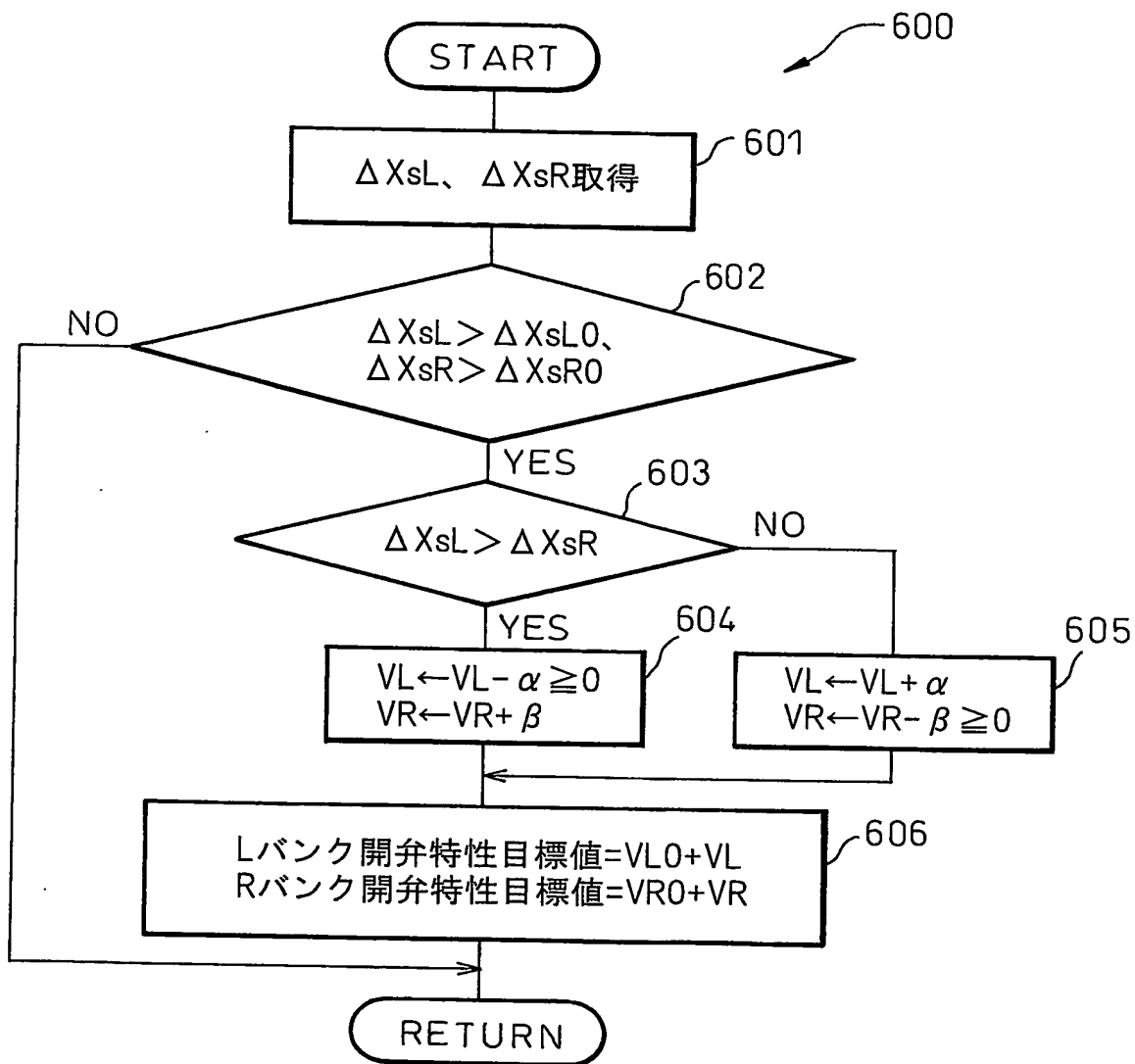
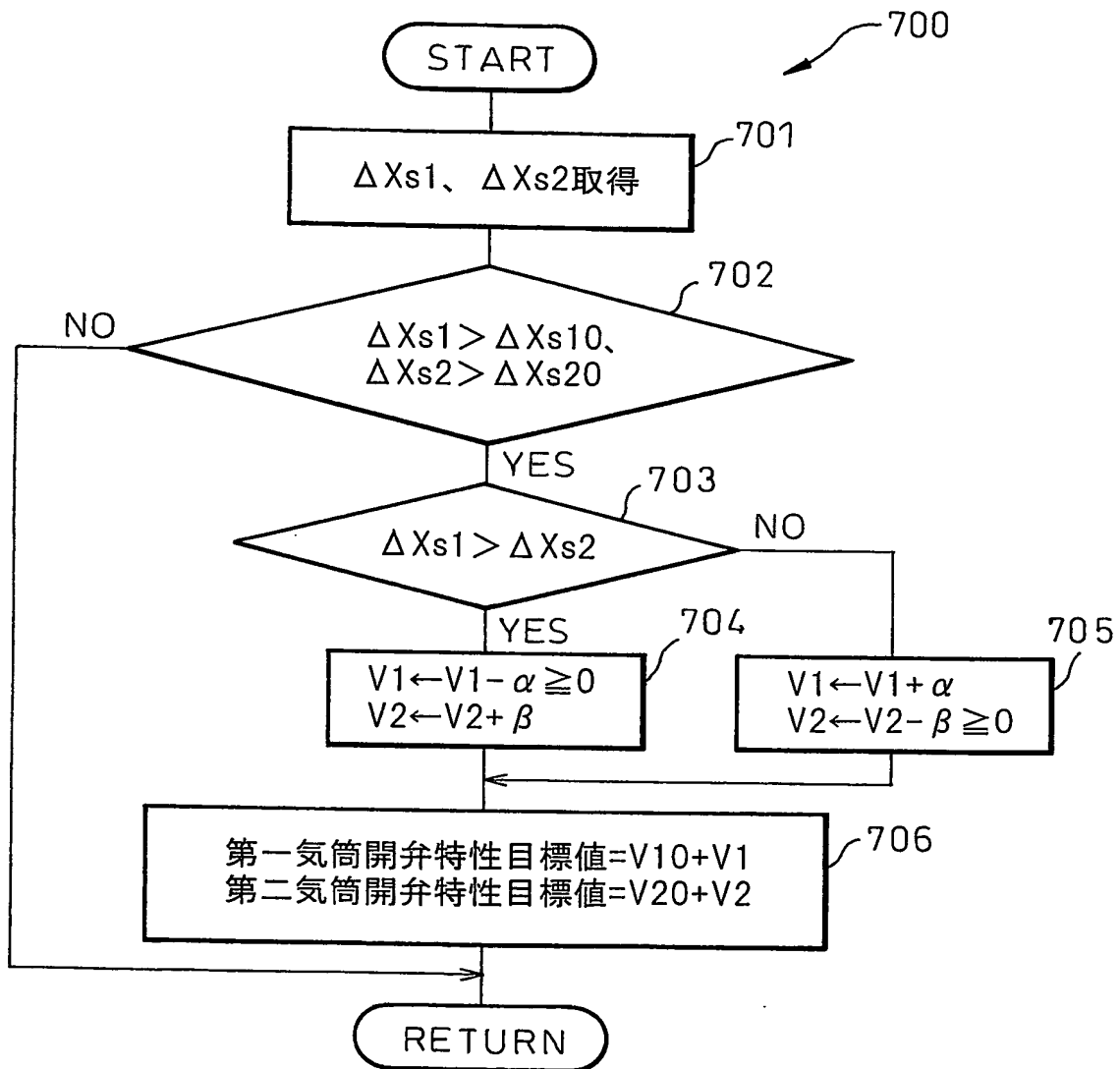


Fig.22



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008825

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> F02D45/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> F02D13/00, F02D41/00-F02D45/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-213044 A (Ford Motor Co.), 02 August, 1994 (02.08.94), Full text; all drawings & US 5377654 A1	1-16
A	JP 2002-155779 A (Toyota Motor Corp.), 31 May, 2002 (31.05.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 2003-148182 A (Toyota Motor Corp.), 21 May, 2003 (21.05.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
26 August, 2004 (26.08.04)Date of mailing of the international search report  
14 September, 2004 (14.09.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> F02D45/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> F02D13/00, F02D41/00-F02D45/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 6-213044 A (フォード モーター カンパニー) 1994.08.02, 全文, 全図 & US 5377654 A1	1-16
A	J P 2002-155779 A (トヨタ自動車株式会社) 2002.05.31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16
A	J P 2003-148182 A (トヨタ自動車株式会社) 2003.05.21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26.08.2004

国際調査報告の発送日

14.9.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

関 義彦

3 G

9145

電話番号 03-3581-1101 内線 3355